

Dauerbeobachtung von Flechten in Waldgebieten des Kantons Aargau

Autor(en): **Liebendörfer, Luzius / Keller, Christine / Urech, Martin**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **33 (1991)**

PDF erstellt am: **13.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-172930>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Dauerbeobachtung von Flechten in Waldgebieten des Kantons Aargau

Zusammenfassung

Im Auftrag der Abteilung Landschaft und Gewässer (Sektion Natur und Landschaft) des Aargauischen Baudepartements wurde 1989 die Flechtenvegetation von sechs ausgewählten Waldgebieten im Kanton Aargau im Hinblick auf eine Dauerbeobachtung untersucht. Bei der Auswahl der Waldgebiete wurde auf die Vertretung verschiedener Standorte (Jurawald, Mittellandwald), verschiedener Nutzungsformen (Naturwaldreservat, naturnah genutzter Wald) und Waldtypen (Auenwald, Laubmischwald, Nadelwald) geachtet.

Flechten sind biologisch interessante Symbioseorganismen aus Pilz- und Algenpartnern. Wegen ihrer speziellen Bauweise und Nahrungsaufnahme reagieren sie besonders sensibel auf Umweltveränderungen, speziell auf Luftverschmutzung, in Wäldern auch auf die forstliche Nutzungsart und -intensität. Eine gesunde und reichhaltige Flechtenvegetation ist unter anderem ein Spiegel für wenig belastete Luft bzw. für ein ausgewogenes Waldökosystem.

In jedem der Gebiete wurden ca. zehn repräsentative Bäume und ca. fünf Bodenflächen (0.25 m²) mit reichhaltigem oder typischem Flechtenbewuchs ausgewählt und die Flechtenflora mit einem standardisierten Verfahren quantitativ erfaßt. Die untersuchten Bäume und Bodenflächen wurden vermessen und dauerhaft markiert.

Gleichzeitig wurde für jedes Gebiet eine Gesamtliste der vorkommenden Flechtenarten auf einem Areal von einem Viertel bis einem halben Quadratkilometer aufgenommen.

Das eigentliche Ziel der Dauerbeobachtung und langfristigen Umweltbeobachtung besteht in der Registrierung von Veränderungen an ein und demselben Standort innerhalb einer Zeitreihe. Dieses Ziel kann erst nach einer oder mehreren Wiederholungsuntersuchungen erreicht werden.

Vorgeschlagen wird die Wiederholung der Aargauer Dauerflächen-Untersuchungen in einem Abstand von acht bis zehn Jahren.

Quervergleiche zwischen den Untersuchungsgebieten sind nur in begrenztem Maß möglich, da es sich um verschiedenartige Waldbestände und Nutzungsformen in unterschiedlicher geographischer Lage handelt. Die ersterhobenen Flechtendaten aus den einzelnen Waldbeständen wurden bezüglich Flechtenartenzahlen, Flechten-Deckungsgrad, neu definiertem «Diversitätsindex» und flechtensoziologischen Daten verglichen und vorsichtig interpretiert.

Die größte Artenvielfalt wurde im naturnah genutzten Waldgebiet «Berg» südlich von Lenzburg festgestellt. Auf einer Fläche von ca. einem halben Quadratkilometer konnten mit rund eintägigem Suchaufwand 78 Arten (auf Rinde, Boden und Totholz) gefunden werden.

In zwei Gebieten ist dank dem Vorhandensein früherer Flechtendaten und z. T. Herbarbelegen auch ein zeitlicher Vergleich möglich.

Zwei Vorkommen bemerkenswerter Flechtenarten konnten bestätigt und dokumentiert werden: die Bestände der Krustenflechte *Bactrospora dryina* (Ach.) Massal, auf alten Eichen im Berg südlich von Lenzburg, und die Population der großblättrigen Lungenflechte *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. auf Kanadischen Pappeln und Eschen im Langholz südlich von Rothrist.

1. Einleitung

Die Beobachtung der Umwelt anhand von lebenden Organismen erweist sich als zunehmend wichtiges Thema in der heutigen Zeit. Unter Umweltbeobachtung ist die fortlaufende und systematische Beobachtung von Umweltelementen und ihrer quantitativen und qualitativen Veränderungen zu verstehen. Biologische Erhebungen geben dabei Auskunft über den Zustand und die Veränderung von Ökosystemen, von pflanzlichen und tierischen Lebensgemeinschaften oder von einzelnen Pflanzen- und Tierarten.

Einerseits interessiert eine bessere Kenntnis der natürlichen Entwicklungsprozesse einzelner Organismen oder ganzer Ökosysteme. Andererseits stehen die Auswirkungen von menschlichen Belastungsfaktoren zur Diskussion. Nutzung, Kultivierung und Besiedlung von Wald und Landschaft hat ein Ausmaß erreicht, welches deutliche Spuren hinterläßt und zu einem Überdenken unserer heutigen Konzepte und Handlungsweisen auffordert. Die Belastung der Biosphäre mit Fremdstoffen ist zum komplexen Phänomen geworden, welches technisch und modellmäßig nur noch ausschnittsweise erfaßbar und erklärbar ist.

Die Umwelt, speziell die organismische Welt, reagiert deutlich auf die vom Menschen verursachten Veränderungen. Sensible Organismen reagieren besonders frühzeitig und deutlich auf zum Teil bereits niedrige Dosen von Umweltschadstoffen.

Langfristige Beobachtungen über Jahre und Jahrzehnte hinweg können ein wesentliches Hilfsmittel darstellen zum frühzeitigen Erkennen von Umweltproblemen oder bedeutenden Veränderungen.

Zur Beobachtung der Luftqualität werden in der Schweiz seit längerer Zeit Flechten, welche die Rinde freistehender Bäume besiedeln, als Bioindikatoren, d. h. Zeigerorganismen, eingesetzt (LIEBENDÖRFER *et al.* 1988, PETER 1988, URECH *et al.* 1989). Auch die Immissionsgefährdung von Wäldern läßt sich in begrenztem Umfang mittels Flechten abschätzen (MACHER 1984, 1987, GRONER 1990).

Flechten sind Organismen sehr spezieller Natur: Jede Flechte besteht aus Pilz- und Algenpartnern, die in engem Kontakt zusammenleben und eine Symbiose bilden. Systematisch werden die Flechten den Pilzen zugeteilt. Flechten (Abbildung 1) sind nicht mit Moosen zu verwechseln, welche in den meisten Fällen in Stamm und grüne Blättchen gegliedert sind.

Flechten sind Pionierpflanzen, welche sehr verschiedene Untergründe und Lebensräume besiedeln können, oft auch Nischen, welche anderen Pflanzen nicht zugänglich sind. Der Flechtenkörper besitzt keine Wurzeln, sondern ist durch spezielle Haftfasern mit der Unterlage verbunden. Baumbewohnende Flechten sind also keinesfalls Schmarotzer, sie sitzen nur auf der Oberseite der Baumrinde. Sämtliche Nährstoffe beziehen die Flechten direkt über ihre poröse Oberfläche aus Luft, Regen, Nebel, Schnee (WIRTH 1980/83).

Der Flechtenreichtum in Wäldern ist stark abhängig von der Bewirtschaftungsform des Bestandes, nebst den ebenfalls bedeutungsvollen natürlichen Einflußgrößen wie Klima und Licht, Art und Lage des Waldbestandes und den genannten

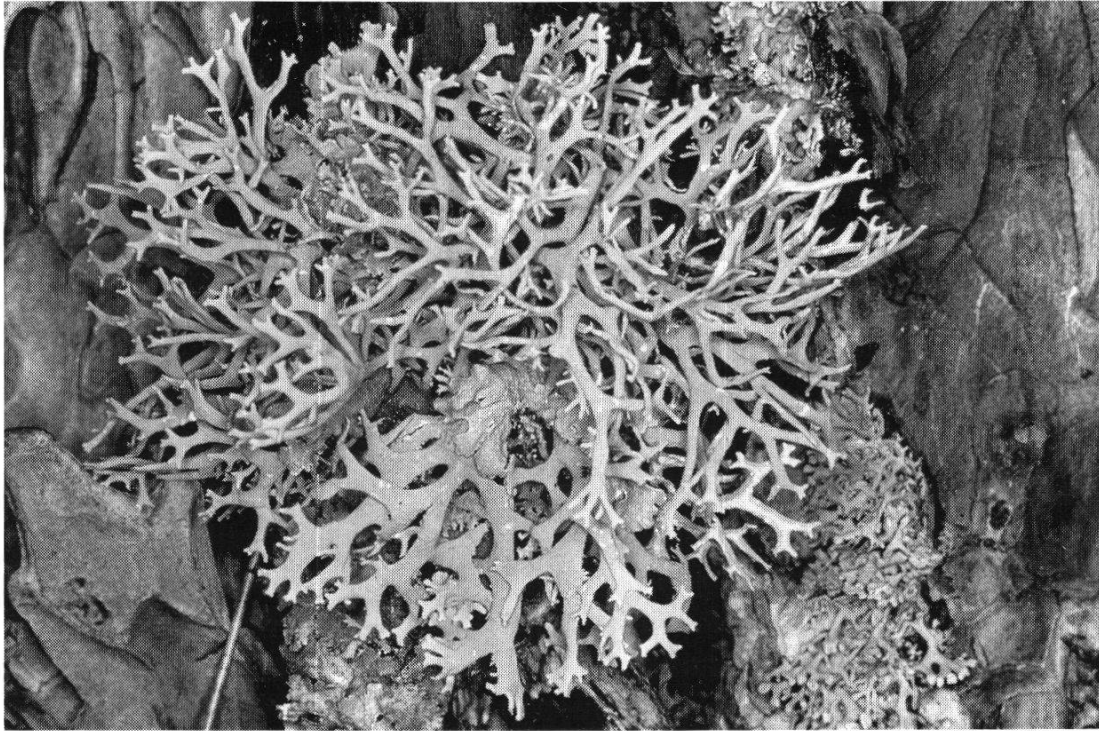


Abb. 1: *Pseudevernia furfuracea* ist eine häufig anzutreffende Strauchflechte. Sie wächst auf sauren Rinden von Laub- und Nadelbäumen, auch im Kronenbereich. Oft findet man sie nach einem Sturm auf dem Waldboden liegend.

Einwirkungen durch Luftverschmutzung. Flechten kommt eine wichtige Zeigerfunktion in bezug auf die Naturnähe eines Waldbestandes zu (FREY 1958, WILDI und CAMENZIND 1990).

Auf den Flechtenreichtum von Plenterwäldern wird in der Fachliteratur immer wieder hingewiesen. Eine neue Studie aus dem Gantrischgebiet (Kanton Bern, montane bis subalpine Stufe, WILDI und CAMENZIND 1990) zeigt, daß flächenhaft aufgeforstete, z. T. 90jährige Fichtenforste bedeutend flechtenärmer sind als autochthone, naturnahe Waldbestände. Auch finden sich in naturnahen Beständen deutlich mehr ökologisch anspruchsvolle, aussagekräftige Flechtenarten.

2. Auftrag und Ziel der Flechtenuntersuchungen

Die Abteilung Umweltschutz des Baudepartements des Kantons Aargau beauftragte 1989 die AGB mit der biologischen Untersuchung der Luftverschmutzung in den drei Schwerpunktsregionen Aarau, unteres Limmattal und Rheinfelden (AGB 1990). Dabei wurden waldfreie Gebiete mit der «Kalibrierten Flechtenindikationsmethode» (IAP 18; vgl. Kap. 3) untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind im vorliegenden Band der Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft publiziert (AGB 1991).

Flechten eignen sich aber auch zur Dauerbeobachtung der Umwelt und zur Beurteilung ihrer Qualität im weiteren Sinne. Dazu hat die Sektion Natur und

Landschaft der Abteilung Landschaft und Gewässer des Kantonalen Baudepartements die AGB 1989 mit der Untersuchung von Flechten in Waldgebieten des Kantons Aargau betraut. Für die Dauerbeobachtung der Flechtenvegetation im Kanton Aargau wurden sechs geeignete Waldgebiete von je ca. einer Hektare Fläche ausgewählt.

Die beiden Projekte sind nicht unabhängig voneinander: In der nahen Umgebung der Wald-Dauerbeobachtungsstandorte wurden zusätzlich je sechs freistehende Bäume außerhalb des Waldes mit der «Kalibrierten Flechtenindikationsmethode» (IAP 18) untersucht. So läßt sich die waldfreie Umgebung der Dauerbeobachtungsstandorte bezüglich biologisch ermittelter Gesamt-Luftbelastung mit den übrigen untersuchten waldfreien Gebieten des Kantons vergleichen und einer von fünf Belastungszonen zuordnen.

Das Ziel der Dauerbeobachtung von Flechten in Waldgebieten besteht in der Erarbeitung einer langfristigen Beobachtungsreihe, welche Tendenzen der natürlichen und menschlich bedingten Umweltveränderungen anhand der Veränderungen der Flechtenvegetation beschreiben und zum Teil quantifizieren kann.

Eine solche Zeitreihe an ein und demselben Standort kann erst nach einer oder mehreren Wiederholungsuntersuchungen erstellt werden. Dann erst können Veränderungen der Flechtenvegetation festgestellt, quantifiziert und interpretiert werden.

Vorgeschlagen wird die Wiederholung der Aargauer Dauerflächen-Untersuchungen in einem Abstand von acht bis zehn Jahren.

Die in diesem Bericht beschriebenen Resultate entsprechen einer Erstaufnahme der Flechtenvegetation an Bäumen und auf Bodenflächen in sechs verschiedenen Waldgebieten.

Quervergleiche zwischen den Gebieten sind nur in begrenztem Maß möglich, da es sich um verschiedenartige Waldbestände und Nutzungsformen in unterschiedlicher geographischer Lage handelt. Die ersterhobenen Daten der einzelnen Untersuchungsgebiete wurden bezüglich Flechtenartenzahlen, Flechtendeckungsgrad, neu definiertem «Diversitätsindex» und flechtensoziologischen Daten der einzelnen Gebiete verglichen und vorsichtig interpretiert.

In zwei Gebieten ist dank dem Vorhandensein früherer Flechtendaten und z. T. Herbarbelegen auch ein zeitlicher Vergleich möglich. Sowohl im Gebiet Lenzburg Süd wie Rothrist Süd liegen Flechtendaten aus den 60er Jahren vor (BRÜNGGER 1986; FREY 1960).

Um eine bestmögliche Erhaltung der Dauerflächen zu gewährleisten, wurden die für die Waldgebiete zuständigen Forstleute anhand von Gebietsbegehungen und schriftlicher Korrespondenz über Zweck und genaue Lage der Dauerflächen informiert.

3. Untersuchungsgebiete, Methoden und Auswertung

Ziel der Gebietsauswahl war, verschiedene Waldstandorte im Kanton zu finden, welche tendenziell naturnah genutzt werden oder gar als Naturwaldreservat ausge-

schieden sind, und welche verschiedenen Waldtypen (Auenwald, Laubmischwald, Nadelwald) angehören. Auch sollten sowohl Mittelland- wie Juragebiete berücksichtigt werden. Nach eingehender Prüfung diverser Standorte wurden folgende sechs Gebiete ausgewählt (siehe Gebietskarte in Artikel AGB 1991 im vorliegenden Band):

1. Lenzburg Süd: Berg
2. Rothrist Süd: Langholz
3. Erlinsbach Nord: Zwilflue
4. Wettingen Ost: Lägerengrat–Burghorn
5. Remigen West: Geißberg–Chameren
6. Umiken Süd: Umiker Schachen

Eine Charakterisierung der Gebiete findet sich in Tabelle 2.

In jedem der sechs Waldgebiete wurden ca. zehn Bäume (Stammbereich) und einige Bodenflächen auf ihren Flechtenbewuchs untersucht. Bodenflächen wurden nur in Gebieten berücksichtigt, in denen eine gutausgebildete bodenbewohnende Flechtenflora vorkommt.

Sämtliche vorhandenen Flechtenarten wurden auf einem standardisierten Protokollblatt aufgelistet. Für jede Flechtenart wurde der Deckungsgrad geschätzt.

Die Aufnahmefläche am Baum wurde in eine Stammbasis bis 60 cm ab Boden und eine Stammfläche zwischen 60 cm und 180 cm ab Boden unterteilt. Dieses Vorgehen ist begründet, da sich die Flechtenflora der Stammbasis im allgemeinen relevant von derjenigen der Stammfläche unterscheidet.

Untersucht wurde der halbe Stammumfang in der Richtung des größten Flechtenbewuchses. Der Deckungsgrad wurde sowohl auf der Stammbasis wie auf der Stammfläche für jede vorkommende Flechtenart geschätzt. Die mit weißer Markierungsschnur ausgesteckte, dem Stammumfang angepaßte Aufnahmefläche galt dabei jeweils als 100 % (vgl. Abbildung 2). Zur Anwendung gelangte die Deckungsgradskala nach WIRTH 1972 (vgl. Tabelle 1).

Die Bodenflächen wurden anhand eines standardisierten Aufnahmerasters (Quadrat von 0,25 m² Fläche, unterteilt in 25 Teilfelder) untersucht. Hier wurden sowohl der Deckungsgrad wie auch die Frequenz (Auftrittshäufigkeit, Anzahl Teilfelder) der Flechten ermittelt.

Außerdem wurde die Flechtenvegetation fotografisch dokumentiert.

Alle Beobachtungsflächen wurden auf Landeskarten und Standortskizzen eingezeichnet und von Fixpunkten aus vermessen und markiert, so daß ihre spätere Wiederauffindbarkeit gewährleistet ist und eine Wiederholung der Aufnahmen möglich wird.

Für jeden untersuchten Baum wurde ein Diversitätsindex berechnet. Der Diversitätsindex ist ein Maß der Artenvielfalt und -menge, welches für die vorliegende Untersuchung in Anlehnung an bestehende Modelle (RUOSS und KELLER 1988) neu definiert wurde.

Der Diversitätsindex errechnet sich durch Multiplikation des Gesamt-Deckungsgrades aller Flechten mit der Anzahl vorkommender Flechtenarten. Um der ökologisch wichtigen Größe der Artenzahl im Vergleich zum Deckungsgrad mehr Gewicht zu verleihen, wurde die Deckungsgradskala von WIRTH 1972 anhand einer Arcus-Sinus-Funktion transformiert (vgl. Tabelle 1). Auf diese Weise erhält z. B. ein Baum mit sechs Flechtenarten, welche zusammen nur knapp einen Viertel der Aufnahme­fläche bedecken, einen höheren Diversitätsindex als ein Baum mit zwei Flechtenarten, welche fast 100 % der Aufnahme­fläche einnehmen.

Die Datenaufnahmen der baumbewohnenden Flechten wurden zudem soziologisch ausgewertet. Diese Auswertungen werden in der vorliegenden Publikation aus Platzgründen nur sehr kurz diskutiert.

Für jedes Untersuchungsgebiet wurde eine über die Dauerbeobachtungsflächen hinausreichende Gesamt-Flechtenartenliste erstellt. Anhand von Begehungen der Umgebung der Dauerbeobachtungsstandorte in einem Areal von einem viertel bis einem halben Quadratkilometer wurden zusätzlich vorkommende Flechtenarten protokolliert. Diese Artenliste beschränkt sich auf baum-, totholz- und bodenbewohnende Arten.



Abb. 2: Eine mit weißer Markierungsschnur ausgesteckte Dauerbeobachtungsfläche auf einer Weißtanne. Es werden die zwei Bereiche «Stammbasis» und «Stammfläche» unterschieden.

Die so gewonnene Artenliste kann keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, da die zur Verfügung stehende Zeit nicht ausreichte, um die Gebiete detailliert abzusuchen. Jedoch wurde der Such- und Bestimmungsaufwand für jedes Untersuchungsgebiet vergleichbar groß gehalten: Der Suchaufwand begrenzte sich auf ca. einen Tag pro Untersuchungsgebiet.

Die Tabellen mit den Artenlisten befinden sich im Anhang des vorliegenden Artikels.

Parallel zu den Untersuchungen im Wald wurde die waldfreie Umgebung der Dauerbeobachtungsstandorte mit der «Kalibrierten Flechtenindikationsmethode» (IAP18) untersucht. Pro Standort wird auf sechs freistehenden Trägerbäumen der IAP18-Wert durch Auszählen der Flechtenfrequenz (Häufigkeit) bestimmt und danach ein Standorts-Mittelwert berechnet. Diese Methode ist im Nationalen Forschungsprogramm 14 («Lufthaushalt und Luftverschmutzung in der Schweiz») entwickelt und mit Luftschadstoffen geeicht worden. Mit dieser Methode kann für nichtbewaldete Gebiete ein flächendeckender Wirkungs- bzw. Gesamtimmissions-Kataster (Luftgütekarte) erstellt werden (AGB 1990; AGB 1991 im vorliegenden Band).

Auf diese Weise kann die waldfreie Umgebung der Dauerbeobachtungsstandorte einer der folgenden fünf Zonen lufthygienischer Gesamtbelastung zugeordnet werden: *Kritische* / *Starke* / *Mittlere* / *Geringe* / *Sehr geringe Gesamtbelastung*.

4. Resultate

Tabelle 2 enthält eine Zusammenstellung wichtiger Daten und Resultate der sechs untersuchten Waldgebiete im Überblick. Die folgenden Kapitel beschreiben in detaillierterer Form Resultate aus den einzelnen Untersuchungsgebieten.

4.1 Lenzburg Süd: «Berg»

Im Waldgebiet Berg wurden Flechten-Dauerbeobachtungsflächen auf neun Laubbäumen (Hainbuchen, Eschen, Stieleichen) und auf drei Nadelbäumen (Lärchen) eingerichtet sowie drei Flächen auf Erdboden untersucht.

Die höchsten Artenzahlen (Stammfläche) im Untersuchungsgebiet erreichen die Hainbuchen mit durchschnittlich 11 Flechtenarten; deutlich weniger reich sind die Eschen mit durchschnittlich 4,3 Arten. Weitere Daten zu diesem Standort finden sich in Tabelle 2.

Auf zwei Stieleichen konnte die bereits von BRÜNGGER aus den 70er Jahren dokumentierte, sehr seltene Krustenflechte *Bactrospora dryina* in schönen Populationen bestätigt werden. Ihr optimales Habitat findet diese Art in wintermilden Lagen, vorzugsweise in alten Eichen-Hainbuchenwäldern. *Bactrospora dryina* muß, wie viele Besiedler alter Eichen, als stark gefährdet eingestuft werden und ist in der Schweiz nur noch von einem weiteren Standort bekannt.

Für das Gebiet Berg (Fünfweiher, Bärenloch, Esterli, Heidenburg) wurde eine Flechtenartenliste erstellt, welche die baum- und bodenbewohnenden Flechten im

Wald auch außerhalb der Dauerbeobachtungsflächen enthält (siehe Anhang). Für das Untersuchungsgebiet besteht die außergewöhnliche Möglichkeit eines Vergleichs unserer Artenliste mit der vom Lehrer, Botaniker und Flechtenkundler F. BRÜNGGER seit 1950 erarbeiteten Liste (BRÜNGGER 1986).

Die 1989 von uns erstellte Liste enthält 78 Flechtenarten. Genau gleichviele Arten führt BRÜNGGER in seiner Auflistung an. Nur 43 Arten sind aber in beiden Listen gleichzeitig enthalten. Diese großen Unterschiede lassen sich teils erklären mit der weiterentwickelten Flechtensystematik, mit dem unterschiedlichen Zeitaufwand für die Bestimmung schwieriger Sippen sowie mit dem vermuteten Verschwinden oder Neueinwandern von Arten.

Addiert man die Anzahl Flechtenarten, welche von BRÜNGGER seit 1960 im Waldgebiet Berg, auf einer Fläche von 1,5 Quadratkilometern gefunden worden sind, mit der Anzahl der von uns zusätzlich festgestellten Arten, so ergibt sich eine Gesamtanzahl von 113 Arten; die Zahl reduziert sich auf 103 bzw. 94 Arten, wenn von BRÜNGGERS Liste nur die seit 1970 bzw. nur die seit 1980 gefundenen Arten beachtet werden (siehe Anhang). Diese Gesamtartenzahl entspricht wahrscheinlich einer recht hohen Artenvielfalt für einen heutigen Mittelland-Wald. Genaue Vergleichszahlen aus anderen Mittellandwäldern fehlen jedoch.

Aus dem Vergleich der Artenlisten von BRÜNGGER und von uns läßt sich folgern, daß mit guter Wahrscheinlichkeit gewisse ökologisch anspruchsvolle Arten, wie z. B. die Lungenflechte *Lobaria pulmonaria* (vgl. Abbildung 4), die baumbewohnenden Blattflechten *Parmelia stuppea*, *Menegazzia terebrata* und die bodenbewohnen-



Abb. 3: Die Schuppen-Hundsflechte (*Peltigera praetextata*) siedelt auf Erdboden, Felsflächen und am Stammfuß von Bäumen. Diese großlappige, jedoch unauffällig grau-braun gefärbte Flechte ist weit verbreitet.

den Hundsflechten *Peltigera leucophlebia*, *Peltigera spuria* (Gattung *Peltigera*: vgl. Abbildung 3) aus dem Gebiet verschwunden sind. Zu vermuten ist, daß die Artenvielfalt tendenziell leicht abgenommen hat, und daß sich wenig empfindliche Arten, z. B. *Hypogymnia physodes*, *Cladonia digitata*, *Hypocenomyce scalaris*, *Chaenotheca ferruginea*, allgemein in Ausbreitung befinden.

Verschiedene Arten weisen von ihrem ökologischen Schwerpunkt her auf luftfeuchte und/oder (winter)milde Verhältnisse hin.

Das untersuchte Gebiet kann auch heute noch als relativ flechtenartenreiches, vielseitiges Waldgebiet mit interessanten und ökologisch anspruchsvollen Flechtenarten bezeichnet werden. Die schonende, naturnahe Nutzung der Waldbestände im Berg dürfte bedeutend zum heute noch vorhandenen Flechtenartenreichtum beigetragen haben.

4.2 Rothrist Süd: «Langholz»

Im Langholz wurden Flechten-Dauerbeobachtungsflächen auf neun Laubbäumen (Eschen, Kanadische Pappeln, eine Stieleiche) und auf fünf Nadelbäumen (Weiß-



Abb. 4: Ein schönes Exemplar der Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria*) aus dem Langholz südlich von Rothrist. Diese imposante Blattflechte ist weitgehend aus dem Mittelland verdrängt worden und heute im Tiefland stark gefährdet.

tannen) eingerichtet. Bodenflächen wurden keine untersucht, da im Gebiet kaum bodenbewohnende Flechten vorkommen.

Die untersuchten Bäume weisen auf der Stammfläche alle ähnliche Artenzahlen zwischen 3 und 8 Arten auf und sind damit als recht artenarm zu bezeichnen. Weitere Daten zu diesem Standort finden sich in Tabelle 2.

Die Kanadischen Pappeln wurden in die Untersuchung einbezogen, obwohl es sich um nicht standortheimische Bäume handelt. Die Bäume beherbergen eine bemerkenswerte, große Population der heute im Mittelland sehr seltenen Lungenflechte (*Lobaria pulmonaria*; vgl. Abbildung 4).

Die Lungenflechte wurde von FREY als die «stattlichste Blattflechte der Schweizer Flora» bezeichnet. Thallusgrößen von 30 cm Durchmesser und mehr sind möglich und im Langholz heute vorhanden.

Zur Zeit von E. FREY, in den 1950er und 60er Jahren, war die Lungenflechte noch in verschiedenen Wäldern des Schweizer Mittellandes zu finden. Heute dagegen ist nebst dem Bestand im Langholz nur noch ein einziger Standort (Bern-Roßhäusern: Mädersforst) im Mittelland bekannt. Die Art ist im ganzen niederen, nördlichen Mitteleuropa heute praktisch verschwunden.

Da das Vorkommen von *Lobaria pulmonaria* heute allgemein durch forstliche Eingriffe, welche geeignete Altbäume und Bestände verschwinden lassen, sowie durch Luftverschmutzung bedroht ist, verdienen die Art und insbesondere der Standort im Langholz einen umfassenden Schutz.

Die von FREY 1960 als spezieller Fund bezeichnete *Lobaria scrobiculata*, eine Art, die bis dahin aus dem übrigen Mittelland nicht bekannt war, ist bereits in den 60er Jahren von demselben Standort im Langholz verschwunden. Auch die 1960 am Kanalweg gefundene Strauchflechte *Ramalina thrausta* konnte von uns nicht mehr bestätigt werden.

Der bisher einzige bekannte Fundort von der großlappigen Blattflechte *Sticta fuliginosa* aus dem Schweizer Mittelland, von FREY 1960 am Südfuß des Chilchbergs bei Brittnau dokumentiert, muß heute vermutlich als erloschen gelten.

Für das Gebiet Langholz (zwischen Riken und Rothrist) wurde eine Flechtenartenliste erstellt, welche die baumbewohnenden Flechten im Wald auch außerhalb der Dauerbeobachtungsflächen enthält (siehe Anhang). Die erstellte Liste enthält 59 Flechtenarten.

Im Herbst 1989 ermittelte eine Studiengruppe der Universität Bern (Systematisch-Geobotanisches Institut, Abteilung Kryptogamen, Leitung Dr. C. Scheidegger) im Waldteil Unterwald zwischen Strengelbach und Riken eine Anzahl von 82 Flechtenarten (SCHEIDEGGER et al. 1991, Artikel im vorliegenden Band). Nur 31 Flechtenarten sind in unserer Liste und jener der Universität Bern gemeinsam enthalten. Die Unterschiede sind auf die teilweise unterschiedlichen Untersuchungsareale und den verschieden großen Zeiteinsatz zurückzuführen sowie auf die Mitberücksichtigung von sehr kleinen, schwer kenntlichen Krustenflechten und die besondere Beachtung spezieller Artengruppen durch die Studiengruppe der Universität.

Zusammengenommen wurden im ganzen Gebiet (auf rund vier Quadratkilometern Fläche) 110 Flechtenarten registriert.

Mehrere im Gebiet Langholz/Unterwald vorkommende Arten stellen typische Vertreter subalpiner Wälder dar und gelten als Zeiger kühler bis kalter, luftfeuchter Standorte (WIRTH 1987). Man kann denn bei den untersuchten Gebieten auch von eigentlichen «Kälteseen» sprechen.

Von Bedeutung für die reichhaltige Flechtenvegetation im Gebiet dürfte auch sein, daß das Untersuchungsgebiet zu einer der größten zusammenhängenden Waldflächen des Mittellandes gehört, was Voraussetzungen schafft für ein spezielles Mikroklima und günstigen Einfluß hat auf die Verbreitungsmöglichkeiten von Flechtenpopulationen («Artenreservoir»).

4.3 Erlinsbach Nord: «Zwilflue»

Im Jurawaldgebiet Zwilflue wurden Flechten-Dauerbeobachtungsflächen auf sechs Laubbäumen (Traubeneichen, Bergahorne) und auf vier Nadelbäumen (Föhren) eingerichtet sowie fünf Flächen auf Boden (Strünke, Blockschutt) untersucht.

Für das Gebiet Zwilflue–Weid (Naturwaldreservat ETH) wurde eine Flechtenartenliste erstellt, welche die baum- und bodenbewohnenden Flechten im Wald auch außerhalb der Dauerbeobachtungsflächen enthält (siehe Anhang). Die Liste enthält 64 Arten. Davon kommen 53 Arten auf Baumrinden vor. Weitere Daten zu diesem Standort finden sich in Tabelle 2.

Die meisten Flechtenarten der Zwilflue bevorzugen eher kühle Standorte mit erhöhter Luftfeuchtigkeit. Die Charakterisierung der Ökologie des Waldes aufgrund der Flechten ist für dieses Gebiet recht schwierig: Während der Feldarbeit entstand der Eindruck einer speziellen, eigenständigen Flechtenvegetation auf der Zwilflue, welcher sich aufgrund der Artenliste aber nur teilweise bestätigen läßt.

Im Gebiet der Zwilflue findet sich eine Reihe luftschadstoff-unempfindlicher Arten. Ihr Vorkommen auf der sauren Föhrenrinde kann allerdings teilweise der natürlichen Verbreitung entsprechen. Aus dem Vorkommen dieser Flechtenarten, teils auch auf Laubbäumen, kann auf einen Einfluß von Luftverschmutzung in diesem Gebiet geschlossen werden; jedoch hält sich dieser Einfluß in Grenzen, denn auch verschiedene empfindlichere Flechtenarten kommen hier noch vor.

4.4 Wettingen Ost: «Lägerengrat–Burghorn»

Im Jurawaldgebiet Burghorn auf der Lägeren wurden Flechten-Dauerbeobachtungsflächen auf zehn Laubbäumen (Bergahorne, Eschen, eine Hainbuche) eingerichtet sowie vier Flächen am Boden (Kalkblockschutt, Wurzel, Erdboden) untersucht. Nadelbäume wurden keine untersucht.

Die untersuchten, gratnahen Laubbäume (Stammfläche), welche bessere Lichtverhältnisse genießen, erreichen eine etwas höhere durchschnittliche Artenzahl von 11,5 und einen deutlich höheren Diversitätsindex von 45,5 im Vergleich zu den Bäumen in Hanglage unterhalb des Grates mit durchschnittlich 9,7 Arten und einem Diversitätsindex von 27,0. Hier zeigt sich, daß höherer Lichtgenuß vor allem zu höheren Deckungsgraden der Flechtenvegetation führt, und nur begrenzt auch zu höheren Artenzahlen. Weitere Daten zu diesem Standort finden sich in Tabelle 2.

Auffallend ist die einheitliche Flechtenvegetation der untersuchten Laubbäume, unabhängig von der Baumart, im Gebiet des Lägerengrates.

Für das Gebiet Burghorn, einschließlich eines Streifens von je ca. einem Kilometer westlich und östlich auf dem Lägerengrat, wurde eine Flechtenartenliste erstellt, welche die baum- und bodenbewohnenden Flechten im Wald und auf dem Grat auch außerhalb der Dauerbeobachtungsflächen umfaßt (siehe Anhang). Die Liste enthält 61 Arten; davon sind 53 Arten Besiedler von Baumrinden.

Im Wald am und unterhalb des Lägerengrats finden sich Flechtenarten, die bevorzugt luftfeuchte Standorte besiedeln. Im Gegensatz zu anderen Gebieten (Lenzburg Süd: Berg, Rothrist Süd: Langholz), wo die erhöhte Luftfeuchtigkeit über feuchte bis nasse Böden bestimmt wird, ist an der Lägeren der Nebel wohl der wichtigste Feuchtelieferant.

Viele der im Gebiet vorkommenden Arten weisen breite ökologische Amplituden auf und reagieren nicht sehr empfindlich auf Luftverschmutzung.

Die ganze baumbewohnende Flechtenflora des Gebietes ist mit 53 registrierten Arten als relativ artenarm und nicht sehr vielseitig zu bezeichnen. Dabei gilt es aber zu beachten, daß im Untersuchungsgebiet keine Flechten auf Nadelbäumen erfaßt wurden, was mit ein Grund für die relativ niedrige Gesamtartenzahl darstellt.

Im allgemeinen bleibt die Flechtenflora der Lägeren ohne Besonderheiten. Einzig das Vorkommen von *Solorina saccata* (Sackflechte), einer in nassem Zustand grasgrünen Blattflechte auf bemoosten Kalkfelsen, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in subalpinen und alpinen Lagen hat, vermag zu erstaunen.

Erwähnenswert sind die relativ zahlreichen säureliebenden Flechtenarten auf den eher im neutralen pH-Bereich liegenden Borken von Esche und Bergahorn. Diese Artenzusammensetzung deutet auf eine Tendenz zur Versauerung des Substrats, d. h. der Baumrinde, hin, wahrscheinlich verursacht durch saure Depositionen aus Regen und Nebel.

Eine lufthygienische Meßstation auf der Hochwacht (2,5 km östlich des Burghorns auf dem Lägerengrat) zeigt, daß die Primärschadstoffe NO, NO₂ und SO₂ in relativ niedrigen Konzentrationen vorliegen (Jahresmittelwerte alle weit unter dem Grenzwert), währenddem der sekundär gebildete Schadstoff Ozon weit über dem Grenzwert (98 %-Percentil) der Schweizerischen Luftreinhalteverordnung LRV liegt.

Im nebelbeeinflussten Gebiet in Kuppenlage ist zudem mit sauren Stoffeinträgen zu rechnen, welche sich nicht als gasförmige Stoffe messen lassen. Der Einfluß des angesäuerten Nebels darf in dieser Höhenlage als beeinflussender Faktor für die Flechten nicht unterschätzt werden. In ausländischen Studien ist der Zusammenhang von Flechtenverarmung mit Nebelhäufigkeit und höherem Regenfall in relativ siedlungsnahen Gebirgen aufgezeigt worden (z. B. MASUCH 1985).

4.5 Remigen West: «Geißberg–Chameren»

Im Jurawaldgebiet Geißberg–Chameren, westlich von Remigen, wurden Flechten-Dauerbeobachtungsflächen auf fünf Laubbäumen (Spitz- und Bergahorn, Trau-

beneichen) und drei Nadelbäumen (Föhren) eingerichtet sowie sieben Flächen am Boden (Wurzeln, Strünke) untersucht.

Bedeutende Unterschiede bestehen zwischen den Laubbäumen (Stammfläche), welche eine durchschnittliche Artenzahl von 13,8 und einen Diversitätsindex von 46,9 erreichen, im Vergleich zu den fast freistehenden Föhren (allerdings nur drei Bäume) mit durchschnittlich 6,3 Arten und einem Diversitätsindex von 15,3. Weitere Daten zu diesem Standort finden sich in Tabelle 2.

Für das Gebiet Geißberg–Chameren wurde eine Flechtenartenliste erstellt, welche die baum- und bodenbewohnenden Flechten im Wald auch außerhalb der Dauerbeobachtungsflächen enthält (siehe Anhang). Die Liste enthält 64 Arten; bei 52 Arten handelt es sich um baumbewohnende Flechten.

Die Flechtenflora des Geißbergs besteht vor allem aus Arten mit weiter ökologischer Amplitude. Einzelne Arten deuten auf erhöhte Luftfeuchtigkeit hin, andere Arten, vor allem aus dem offenen Bestandesteil mit freistehenden Föhren, bevorzugen dagegen eher trockene Standorte.

Auffällig ist die Zahl der relativ luftschadstoff-unempfindlichen Arten: die Krustenflechten *Candelariella xanthostigma*, *Chaenotheca ferruginea*, *Hypocenomyce caradocensis*, *Hypocenomyce scalaris*, *Lecanora carpinea*, *Lecanora chlorotera*, *Lecanora conizaeoides*, *Lepraria incana*, die Blattflechten *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Parmeliopsis ambigua* und die Strauchflechte *Pseudevernia furfuracea* (vgl. Abbildung 1). Diese Arten deuten auf einen Einfluß von Luftschadstoffen im Gebiet hin.

Das Dauerbeobachtungsgebiet Geißberg–Chameren weist zwar eine recht große Artenvielfalt auf. Dank lichtreichen, locker stehenden Baumstandorten fällt auch der Deckungsgrad der Flechten relativ hoch aus. Jedoch fällt der große Anteil an luftschadstoff-unempfindlichen Flechtenarten auf, welcher deutlich auf eine Immissionsbelastung des Waldgebiets hinweist.

4.6 Umiken Süd: «Umiker Schachen»

Im Auengebiet des Umiker Schachens, südlich von Umiken, wurden Flechten-Dauerbeobachtungsflächen auf dreizehn Laubbäumen (Eschen, Silberweiden) eingerichtet. Zur Dauerbeobachtung geeignete Nadelbäume fehlen im Gebiet. Bodenflächen wurden ebenfalls keine untersucht, da auf dem periodisch überschwemmten Sandboden keine bodenbewohnenden Flechten vorkommen. Quantitative Daten zu diesem Standort finden sich in Tabelle 2.

Von den untersuchten Gebieten zeigt der Umiker Schachen die eigenständigste Flechtenvegetation. Einerseits grenzt sie sich gut gegen die anderen Untersuchungsgebiete ab, andererseits ist sie in sich recht einheitlich, obwohl sich die Flechtenvegetation der Eschen von jener der Silberweiden anhand mehrerer Arten ebenfalls trennen läßt.

Folgende in den Aufnahmeflächen auftretenden Arten sind für den Umiker Schachen typisch und fehlen in den anderen Untersuchungsgebieten ganz oder fast: die Krustenflechten *Arthopyrenia cinereopruinosa* (unscheinbare Kruste mit kleinen,

schwarzen Fruchtkörpern), *Bacidia assulata* (Stäbchenflechte), *Fuscidea viridis* (sterile, grüne Kruste), *Normandina pulchella* (Muschelschüppchenflechte), *Opegrapha rufescens* (Zeichenflechte), *Porina aenea*, die Blattflechten *Anaptychia ciliaris* (Wimperflechte), *Parmelia subrudecta*, *Phaeophyscia endophoenicea*, *Physconia distorta*, die Strauchflechten *Evernia prunastri* (Pflaumenflechte, Eichenmoos) und *Ramalina farinacea* (mehlige Band- oder Astflechte).

Für das ETH-Naturwaldreservat Umiker Schachen wurde eine Flechtenartenliste erstellt, welche die baumbewohnenden Flechten im Wald auch außerhalb der Dauerbeobachtungsflächen enthält (siehe Anhang). Die Liste enthält 50 baumbewohnende Flechtenarten.

Damit erweist sich das Gebiet des Umiker Schachens insgesamt als relativ artenarm im Vergleich zu anderen untersuchten Gebieten, obwohl einzelne artenreiche Bäume nicht fehlen. Dabei gilt es auch zu beachten, daß im Untersuchungsgebiet keine Flechten auf Nadelbäumen erfaßt wurden, was mit ein Grund für die relativ niedrige Gesamtartenzahl darstellt.

Auf den lockerstehenden Silberweiden finden sich viele licht- und nährstoffliebende Arten, welche bevorzugt auf freistehenden Bäumen vorkommen. *Anaptychia ciliaris*, eine mit langen Wimpern versehene, graue Blattflechte, ist vermutlich infolge der Einwirkung von Luftschadstoffen in letzter Zeit gesamtschweizerisch stark zurückgegangen.

Die im dichteren Waldbestand stehenden Eschen erweisen sich als deutlich artenärmer.

Im ganzen Bestand kommen recht viele luftschadstoff-unempfindliche Arten vor. Weitere im Gebiet vorkommende Arten sind Zeiger luftfeuchter Standorte.

Durch den Miteinbezug eines lockerstehenden, lichtreichen Silberweidenbestandes auf der Schacheninsel erhöht sich der Artenreichtum gegenüber demjenigen des dichteren, dunkleren Auenwaldbestandes, da lichtliebende Arten freistehender Bäume zur Artenvielfalt beitragen. Der große Anteil an eher luftschadstoff-unempfindlichen Flechtenarten im Gebiet ist auffallend. Aus der Artenzusammensetzung läßt sich auf eine deutliche Immissionsbelastung des Waldgebietes schließen.

4.7 Vergleich zwischen den Untersuchungsgebieten

Anzahl Flechtenarten

Tabelle 2 enthält quantitative Daten der einzelnen Untersuchungsgebiete im Überblick.

Das Gebiet Lenzburg Süd weist mit 78 Flechtenarten (Zahl aus der Gesamtartenliste) die höchste Artenvielfalt auf; auch der Anteil an baumbewohnenden Flechten liegt mit 68 Arten am höchsten von allen Gebieten. Sinnvoll ist vor allem ein Vergleich der baumbewohnenden Flechten der verschiedenen Gebiete, da in einzelnen Gebieten kaum bodenbewohnende Flechtenarten vorkommen.

Die geringste Zahl von baumbewohnenden Flechten weist der Umiker Schachen mit 50 Arten auf. In diesem Gebiet wirkt nachteilig, daß Nadelbäume als zusätz-

liches Substrat mit einer oft eigenständigen Flechtenflora fehlen. Dasselbe gilt für die Lägeren, wo nur Laubbäume untersucht wurden.

Vergleicht man die Flechtenartenzahlen, welche in den standardisierten Aufnahme­flächen auf den Baumstämmen (Stammfläche und -basis) gefunden wurden, so weist der Geißberg zusammen mit der Zwilflue mit 49 Arten den höchsten, das Langholz jedoch den tiefsten Wert auf. Diese Zahlen besagen im Grunde nicht mehr, als daß im Langholz verschiedene eher artenarme Bäume, welche aber eine typische oder besonders interessante Flora (z. B. die Lungenflechten-Population) aufweisen, untersucht wurden, währenddem in den anderen Gebieten eher verschiedene Bäume mit unterschiedlicher Flechtenvegetation betrachtet wurden. Die Artenzahl in der Aufnahme­fläche hängt demnach stark von der Auswahl der untersuchten Bäume ab und eignet sich nicht zu einem Quervergleich der Standorte.

Nicht in jedem Falle wurde dem Prinzip gefolgt, die jeweils artenreichsten Bäume für die Dauerbeobachtung auszuwählen, da auch artenarme, aber ökologisch aussagekräftige Flechtenbestände sich zur Dauerbeobachtung anbieten.

Diversitätsindex

Setzt man die durchschnittlichen Diversitätsindices der untersuchten Laubbäume der einzelnen Gebiete miteinander in Beziehung, so steht der Geißberg mit einem Wert von fast 47 an der Spitze, währenddem das Langholz nur einen Durchschnittswert von 14,2 aufweist (siehe Tabelle 2 und Abbildung 5). Der Diversitätsindex

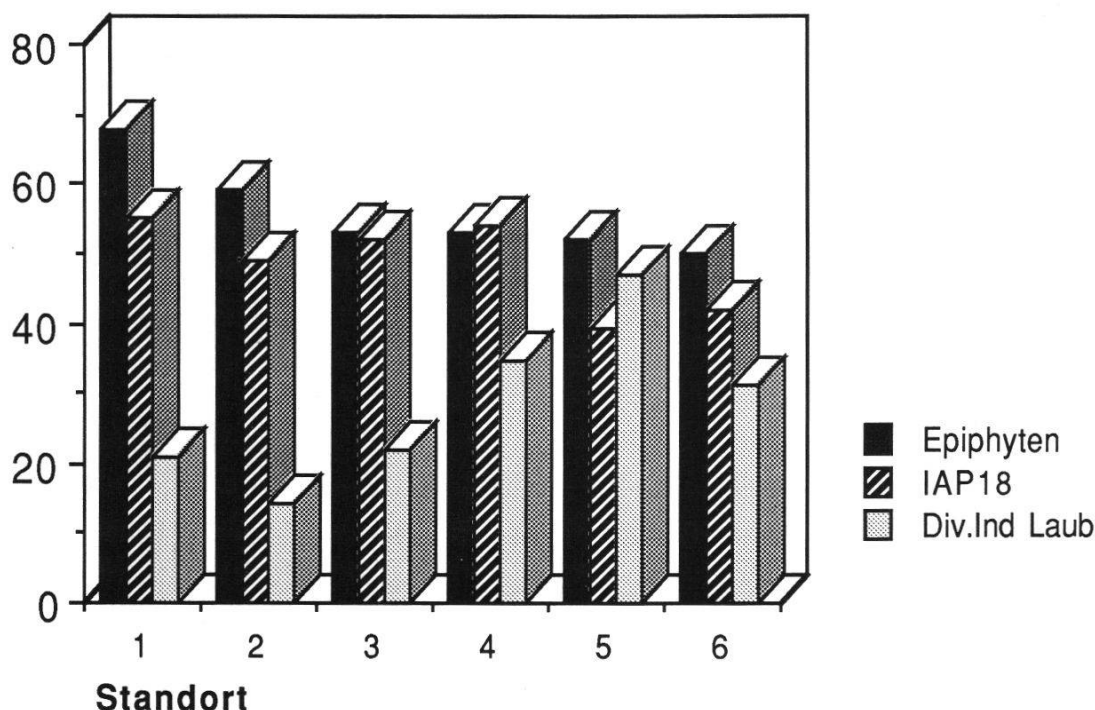


Abb. 5: Zusammenhang zwischen der Anzahl epiphytischer (baumbewohnender) Flechtenarten eines Gebietes, dem IAP18-Wert der nahen Umgebung und dem mittleren Diversitätsindex der Laubbäume jedes Gebietes. Standorte: 1 = Lenzburg, 2 = Rothrist, 3 = Erlinsbach, 4 = Wettingen, 5 = Remigen, 6 = Umiken.

berücksichtigt definitionsgemäß nebst der Artenzahl auch den Deckungsgrad der Flechten. Am Geißberg liegen vergleichsweise höhere Artenzahlen wie auch höhere Deckungsgrade der Flechten vor als auf den untersuchten Bäumen im Langholz. Die Bäume am Geißberg sind denn auch viel mehr freigestellt und somit lichtreicher als diejenigen im Langholz. Ein höherer Lichtgenuß führt insbesondere zu einem höheren Deckungsgrad der Flechten.

Die Höhe des durchschnittlichen Diversitätsindex eines Standorts hängt stark von der Wahl der untersuchten Bäume ab; dieser Index erhält seinen Wert vor allem nach Folgeuntersuchungen derselben Bäume im zeitlichen Vergleich zur Erstuntersuchung.

Soziologische Auswertung

Zu den soziologischen Auswertungen ist der Vorbehalt anzubringen, daß die Flechtenaufnahmen nicht im Hinblick auf eine soziologische Analyse und ohne Beachtung der natürlichen Begrenzungen von soziologischen Einheiten auf den Baumstämmen erfolgt ist. Die Aufnahmen erfolgen vielmehr innerhalb standardisierter Flächen am Baum. Aus diesem Grund können die soziologischen Interpretationen erschwert oder soziologische Einheiten zum Teil verwischt werden. Die Auswertung der soziologischen Tabellen hat trotzdem zu folgenden Aussagen geführt:

Die Trennung der Flechtenvegetation zwischen den untersuchten Nadelbäumen und den Laubbäumen fällt sehr deutlich aus. Diese Aussage entspricht den Erwartungen; es ist vielfach belegt und untersucht, daß Nadelbäume im Vergleich zu Laubbäumen meist eine spezifische Artengarnitur beherbergen, welche sich u. a. nach der Beschaffenheit und dem Säuregrad der Borke richtet.

Innerhalb der Nadelbäume zeigt jedes Gebiet und auch jede Nadelbaumart (Lärche, Föhre, Weißtanne) soziologisch eine gewisse Eigenständigkeit bezüglich der Flechtenflora. Allerdings ist die Aufnahmezahl mit drei bis fünf Bäumen pro Gebiet zu klein, um stichhaltige Vergleiche anstellen zu können.

Bei den Laubbäumen fallen die soziologischen Unterschiede zwischen den sechs Untersuchungsgebieten deutlicher aus als die Abgrenzungen zwischen den verschiedenen Laubbaumarten innerhalb eines Bestandes.

Auffällig ist die weite, unspezifische Verbreitung der Arten *Lepraria incana* (Sammelart, WIRTH 1987) und *Phlyctis argena*, zwei weißen, sterilen Krustenflechten auf den Laubbäumen. Auf den Nadelbäumen tritt *Phlyctis argena* deutlich zurück, dafür zeigt *Hypogymnia physodes*, eine säureliebende Blatflechtenart, dort eine weite Verbreitung über die Gebiete hinweg.

4.8 Luftgüte (IAP18-Werte) der waldfreien Umgebung der Dauerbeobachtungsstandorte und Vergleich mit der Flechtenvegetation im Wald

In der nahen, waldfreien Umgebung der Wald-Dauerbeobachtungsstandorte wurden jeweils sechs freistehende Trägerbäume untersucht. Mit Hilfe der Kalibrierten Flechtenindikationsmethode wurden IAP18-Werte ermittelt, welche einer von fünf

Gesamtbelastungszonen zugeteilt werden: *Kritische* / *Starke* / *Mittlere* / *Geringe* / *Sehr geringe Gesamtbelastung* (vgl. Kap. 3).

Nicht in allen Fällen konnten waldfreie Flächen mit genügend Trägerbäumen in nächster Nähe der Dauerbeobachtungsstandorte gefunden werden. Die räumliche Versetzung der Untersuchungsstandorte muß in der Interpretation der Resultate mitberücksichtigt werden.

Außerdem gilt es prinzipiell anzumerken, daß im Freiland mit Hilfe der Kalibrierten Flechtenindikationsmethode gewonnene Aussagen nicht vorbehaltlos auf eine Waldfläche übertragen werden können. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die in der unmittelbaren Nähe des Waldes ermittelte Gesamtluftbelastung auch für den angrenzenden Wald Bedeutung hat.

Die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Flechtenvegetation sind aber in einem geschlossenen Waldbestand mit Ausfilterungseffekten durch das Kronendach, mit einem Mikroklima, Luftaustausch und speziellen Lichtverhältnissen nicht gleichzusetzen mit den Auswirkungen auf Flechten freistehender Trägerbäume.

Die IAP18-Untersuchungen mit der Kalibrierten Flechtenindikationsmethode in der waldfreien Umgebung der Dauerbeobachtungsstandorte zeigten, daß alle untersuchten Standorte entweder der Zone *Mittlere* oder *Geringe Gesamtbelastung* angehören (siehe Tabelle 2).

Beim Dauerbeobachtungsstandort **Berg** südlich von **Lenzburg** erfolgte die IAP18-Untersuchung nördlich des Waldes im Gebiet Bergfeld–Keelenmatten. Dabei wurde ein IAP18-Mittelwert von 55 ermittelt, welcher auf eine *Geringe Gesamtbelastung* der Luft hinweist. Dieses Resultat stimmt gut mit der hohen Artenzahl, insbesondere der relativ hohen Anzahl baumbewohnender Flechten, wie auch mit dem bedeutenden Anteil an empfindlichen und ökologisch aussagekräftigen Arten im untersuchten Wald überein.

Südlich von **Rothrist**, im Gebiet Oberwil–Holz–Geißhubel, welches nördlich an das Waldgebiet Langholz angrenzt, wurde ein IAP18-Mittelwert von 49 ermittelt. Dieser Wert weist auf eine *Geringe Gesamtbelastung* der Luft hin.

Dieser Befund stimmt überein mit der hohen Artenzahl wie auch mit dem bedeutenden Anteil an empfindlichen und ökologisch aussagekräftigen Arten. Für die Flechten im Langholz dürfte als Bedrohungsfaktor vorwiegend die forstliche Nutzung in Frage kommen, und erst in zweiter Linie das Ausmaß der Luftverschmutzung.

Im waldfreien Gebiet Iletsplatten–Beguttenalp, welches nordwestlich von **Erlinsbach** am der Zwilflue gegenüberliegenden Hang liegt, wurde ein IAP18-Mittelwert von 52 ermittelt. Dieser Wert weist auf eine *Geringe Gesamtbelastung* der Luft hin.

Es gilt zu beachten, daß aus Mangel an geeigneten freistehenden Bäumen auf dem Zwilfluegrat die IAP18-Erhebungen nicht auf der Zwilflue – dem Ort der Dauerbeobachtung – durchgeführt werden konnten, sondern daß dafür auf den gegenüberliegenden Hang ausgewichen werden mußte. Damit ist auch eine topo-

graphisch wie lufthygienisch nicht genau vergleichbare Situation erfaßt worden. Während sich die meisten Dauerbeobachtungsbäume auf der Zwilflue in relativ exponierter Gratlage befinden, stehen die IAP18-Trägerbäume an einem südost-exponierten Hang in einem Weide- und Landwirtschaftsgebiet.

Dieser Sachverhalt kann mit ein Grund sein, warum der Flechtenreichtum wie auch der Anteil an luftschadstoff-unempfindlichen Arten im untersuchten Zwilflue-Waldgebiet eine stärkere Immissionsbelastung vermuten läßt, als dies der ermittelte IAP18-Mittelwert zeigt.

Beim Dauerbeobachtungsstandort auf der Lägeren östlich von **Wettingen** erfolgte die IAP18-Untersuchung im Gebiet Lägeren–Eigi, welches sich südlich vom Burghorn in Tallage befindet. Hier wurde ein IAP18-Mittelwert von 54 ermittelt, welcher auf eine *Geringe Gesamtbelastung* der Luft hinweist.

Diese Aussage gilt für das gegenüber dem Burghorn fast 400 Höhenmeter tiefer gelegene Eigital. Dort liegen die meßtechnisch ermittelten Konzentrationen für die Primärschadstoffe NO, NO₂ und SO₂ höher als auf der Hochwacht (vgl. Kap. 4.4), jedoch immer noch deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert. Die Meßwerte für Ozon liegen im Eigital etwas tiefer als die Werte der Station Hochwacht.

Die Artenzusammensetzung der Flechtenvegetation auf der Lägeren – wenig ökologisch anspruchsvolle Arten, viel schadstoffresistente Arten – spricht für einen Einfluß von Immissionen auf der Grathöhe. Wie bereits diskutiert, darf der Einfluß des angesäuerten Nebels auf die Flechtenvegetation in der Höhenlage nicht unterschätzt werden.

Beim Dauerbeobachtungsstandort auf dem Geißberg, nordwestlich von **Remigen**, erfolgte die IAP18-Untersuchung im Gebiet Rütimatt zwischen Geißberg–Chameren und Bützberg, fast 100 Höhenmeter unterhalb des Dauerbeobachtungsstandortes. Hier wurde ein IAP18-Mittelwert von 35 ermittelt, welcher auf eine *Mittlere Gesamtbelastung* der Luft hinweist.

Da diese Belastungsaussage im doch recht siedlungsfernen Gebiet des westlichen Geißbergs erstaunte, wurde zur Überprüfung der Situation ein zweites Kollektiv von sechs Trägerbäumen südwestlich vom Bützberg (Schwändi–Hämmenägerten–Chibi), auf etwa 430 m ü. M. untersucht.

Auch dort bestätigte sich die *Mittlere Gesamtbelastung* der Luft mit einem leicht höher liegenden IAP18-Mittelwert von 43. Es kann vermutet werden, daß die Belastung aus dem nahen Aaretal an die untersuchten Standorte verfrachtet wird.

Im waldfreien Gebiet südlich von **Umiken**, am Rande des Umiker Schachens bzw. der Schacheninsel (ehemaliges Bad) sowie westlich von Altenburg, am Aareufer beim Schwimmbad wurde ein IAP18-Mittelwert von 42 ermittelt. Dieser Wert weist auf eine *Mittlere Gesamtbelastung* der Luft hin.

Diese Belastungsanzeige stimmt gut überein mit der im Umiker Dauerbeobachtungsgebiet festgestellten relativ niedrigen Flechtenartenvielfalt und dem, von einigen Ausnahmen abgesehen, Fehlen von empfindlichen oder ökologisch sehr anspruchsvollen Arten.

Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang zwischen Anzahl baumbewohnender Flechten in einem Gebiet und dem IAP18-Wert der Umgebung. Zusätzlich enthält die Grafik den mittleren Diversitätsindex der Laubbäume. Es zeigt sich, daß der Diversitätsindex der Laubbäume nicht erklärbar zusammenhängt mit den beiden anderen Größen.

5. Interpretation und Diskussion

Veränderungen der Flechtenvegetation an ein und demselben Dauerflächen-Standort sind nur innerhalb einer Zeitreihe feststellbar. Die Analyse der Daten der vorliegenden Ersterhebung ergibt jedoch bereits einige wertvolle Hinweise auf die ökologische Qualität und die Immissionsgefährdung der betroffenen Wälder. Die einzelnen Untersuchungsgebiete ließen sich bezüglich Flechtenartenzahl und teilweise bezüglich ökologischer Eigenheiten einzelner Flechtenarten charakterisieren.

Allerdings ist anzumerken, daß die untersuchten Gebiete verschiedene Waldtypen und Waldnutzungsformen an verschiedenen Standorten und Höhenlagen umfassen. Allein aus diesem Grund sind Unterschiede der baumbewohnenden Flechtenvegetation zu erwarten.

Flechten-Artenzahlen und Diversitätsindex

Weder die Artenzahl in den Aufnahmeflächen noch der mittlere Diversitätsindex sind geeignete Maße für einen Quervergleich zwischen den einzelnen Gebieten. Diese Maßzahlen hängen stark von der Auswahl der untersuchten Bäume ab. Nicht in jedem Falle wurden die artenreichsten Bäume für die Dauerbeobachtung ausgewählt, da auch artenarme, aber ökologisch aussagekräftige Flechtenbestände interessante Dauerbeobachtungsobjekte darstellen.

Die Artenzahl in den Aufnahmeflächen und der mittlere Diversitätsindex erhalten ihre Bedeutung erst in einer Wiederholungsuntersuchung, in welcher die Werte innerhalb einer Zeitreihe, bezogen auf die identischen Bäume, interpretiert werden können.

Interessanter scheint ein Vergleich von Gesamtzahlen aus einem ganzen Waldabschnitt zu sein. Ein Quervergleich von Flechtenartenzahlen aus verschiedenen Waldgebieten ist aber nur zulässig, wenn die Untersuchungen standardisiert mit einem vergleichbaren Personen- und Zeitaufwand unternommen werden. Diese Bedingung ist für die Dauerbeobachtungsgebiete im Kanton Aargau erfüllt.

Literatur mit Angaben über die Flechtenartenzahl aus Mittellandwäldern liegt unseres Wissens mit Ausnahme von Lenzburg nicht vor.

Das Waldgebiet südlich von Lenzburg muß wohl zu den flechtenkundlich bestuntersuchten Mittelland-Waldgebieten gezählt werden (BRÜNGGER 1986).

Die Flechtenartenlisten der Aargauer Dauerbeobachtungsgebiete wurden jeweils innerhalb einer Fläche von einem Viertel- bis einem halben Quadratkilometer erhoben. Die von uns ermittelten Flechtenartenzahlen liegen zwischen 50 und 78 Arten pro Gebiet (siehe Tabelle 2). Es gilt zu beachten, daß diese Artenlisten mit

begrenztem Zeitaufwand (ca. eintägiger Suchaufwand) in einem relativ kleinen Areal erhoben worden sind.

Die Gesamtartenzahl von Lenzburg Süd entspricht mit 78 Arten wahrscheinlich einer recht hohen Artenvielfalt für einen heutigen Mittellandwald.

Die übrigen Untersuchungsgebiete, welche 64 (Erlinsbach Nord und Remigen West), 61 (Wettingen Ost) und 59 (Rothrist Süd) Flechtenarten umfassen, dürften einem Waldgebiet mit mittlerem Flechtenartenreichtum entsprechen und auf tendenziell naturnahe, mäßig gestörte Verhältnisse hinweisen. Genaue Vergleichszahlen aus anderen Schweizer Waldbeständen fehlen aber.

Dieses Bild erweist sich als recht kongruent mit demjenigen, welches sich vom Typus der Waldbestände und ihrer Nutzungsform her erwarten läßt. Alle untersuchten Gebiete weisen eine mehr oder weniger natürliche Zusammensetzung der Baumarten auf und sind seit mindestens zwei Jahrzehnten schonend bis gar nicht (Naturwaldreservate) genutzt worden.

Auenwälder, wie jener des Umiker Schachens mit 50 Flechtenarten, scheinen naturgemäß nicht sehr flechtenartenreich zu sein. Für die Dauerbeobachtungsstandorte im Umiker Schachen und auf der Lägeren kommt hinzu, dass keine Nadelbäume untersucht worden sind, was zu einer geringeren Gesamtartenzahl an Flechten im Gebiet mit beiträgt.

Die beiden Naturwaldreservate Zwilflue und Umiker Schachen, welche eine natürliche Baumarten-Zusammensetzung aufweisen und schon seit langer Zeit nicht mehr forstlich genutzt werden, weisen nicht die höchsten Flechtenartenzahlen auf. Das weist erneut darauf hin, daß nebst der Waldnutzungsform eine Vielzahl von anderen Faktoren auf die Flechtenvegetation einwirkt: natürliche Größen wie Waldgesellschaft, Baumartenspektrum, Alter der Bäume, Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse und weitere mikroklimatische Faktoren wie auch menschlich bedingte Faktoren, insbesondere Luftschadstoffe, können eine Rolle spielen.

Artenzusammensetzung der Flechtenvegetation

Nebst der diskutierten Artenzahl in einem Waldgebiet ergibt auch die Zusammensetzung der Flora wichtige Hinweise auf die ökologische Situation. Einerseits spiegeln die vorkommenden Flechtenarten die natürlichen Standortverhältnisse. Andererseits reagieren diese Organismen auf anthropogene Faktoren. Speziell bei immissionsbezogenen Diskussionen darf auf Informationen der Artenzusammensetzung auf keinen Fall verzichtet werden (z. B. MACHER 1987).

In verschiedenen Untersuchungsgebieten – Zwilflue, Lägeren, Geißberg, Umiker Schachen – weist die Artenzusammensetzung auf eine Störung der Flechtenvegetation hin und läßt einen Einfluß von Immissionen auf den Wald vermuten. Das häufige Auftreten von luftschadstoff-toleranten Flechtenarten wie z. B. der Krustenflechten *Chaenotheca ferruginea*, *Hypocenomyce scalaris*, *Lecanora conizaeoides*, der Blattflechten *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Parmeliopsis ambigua* und der Strauchflechte *Pseudevernia furfuracea* (vgl. Abbildung 1), insbesondere deren vermehrtes Vorkommen auf wenig sauren Borken von Laubbäumen, deutet auf Immissionseinwirkungen hin.

IAP18-Werte außerhalb des Waldes und Flechten-Artenzahlen im Wald

Alle untersuchten Flächen in der waldfreien Umgebung der Dauerbeobachtungsstandorte gehören der Zone *Mittlere* oder *Geringe Gesamtbelastung* an. Es erstaunt nicht, daß in den zumeist siedlungsfernen Flächen nirgends eine *Starke* oder sogar *Kritische Gesamtbelastung* anzutreffen ist.

Aufmerksam macht aber die Tatsache, daß keine der untersuchten Flächen der Zone *Sehr geringe Gesamtbelastung* angehört. Bei den Gebieten handelt es sich also nicht um Reinluftgebiete. Unterschiede in der Flechtenvegetation der Waldgebiete können daher durch Luftbelastungen mitverursacht sein (vgl. auch AGB 1990; AGB 1991 im vorliegenden Band).

Interessant erscheint aus diesem Grund ein Vergleich der Anzahl baumbewohnender Flechten der Waldgebiete mit den in der waldfreien Umgebung ermittelten IAP18-Werten (siehe Abbildung 5). Korreliert man die gefundenen IAP18-Werte jedes Gebiets mit der zugehörigen Zahl von baumbewohnenden Flechtenarten im Wald, so läßt sich hypothetisch ein positiver Zusammenhang formulieren: mit steigendem IAP18-Wert der Umgebung, d. h. mit abnehmender Gesamtbelastung der Luft, kann eine zunehmende Zahl baumbewohnender Flechten im Wald postuliert werden.

Der mit nur wenigen Stichproben gewonnene, korrelationsstatistisch nicht signifikante Zusammenhang muß mit großer Vorsicht interpretiert werden. Er kann nicht mehr als eine Tendenz aufzeigen, welche dahin deutet, daß der Reichtum an baumbewohnenden Flechtenarten im Walde in einem Zusammenhang zur Immissionsbelastung der Luft steht (vgl. auch MACHER 1984, 1987).

Der Quervergleich von Artenzahlen ist im vorliegenden Projekt insbesondere darum problematisch, weil verschiedenartige Waldbestände mit verschiedenem Baumartenspektrum in unterschiedlichen geographischen Lagen untersucht wurden. Soll in künftigen Projekten der Zusammenhang zwischen Luftbelastung und Flechtenreichtum in Wäldern besser erforscht werden, so muß die Methodik weiter standardisiert und auf diese Fragestellung abgestimmt werden. Die Bestimmung von Frequenzsummen der Flechten, die Anwendung von Biomonitoring-Methoden zur chemischen Analyse von akkumulierten Stoffen in Flechten sowie Immissionsmessungen im Wald sind wichtige Ergänzungsmöglichkeiten (GRONER 1990).

Artengefährdung und Artenschutz

Von Bedeutung ist auch der Beitrag der vorliegenden Dauerbeobachtungsstudie im Hinblick auf einige seltene Flechtenarten. Diverse Populationen von heute seltenen und gefährdeten Arten wie z. B. *Bactrospora dryina* bei Lenzburg und *Lobaria pulmonaria*, der Lungenflechte, bei Rothrist wurden bestätigt und dokumentiert.

Durch die Fortführung der Dauerbeobachtung kann das langfristige Verhalten solcher meist isolierter Flechtenpopulationen beobachtet werden und die Überlebensfähigkeit der Flechten unter den herrschenden Umweltbedingungen überprüft werden.

Im vorliegenden Projekt wurde aufgezeigt, daß auch forstlich schonend genutzte Mittellandwälder durchaus seltene und ökologisch anspruchsvolle Flechtenarten

beherbergen können. Einige dieser Arten müssen aber aufgrund ihres begrenzten Vorkommens und ihrer ökologischen Empfindlichkeit gesamtschweizerisch (z. B. *Bactrospora dryina*) bzw. im Mittelland (z. B. *Lobaria pulmonaria*, *Menegazzia terebrata*, *Parmelia perlata*) als bedroht bezeichnet werden.

Die gesamte Flechtenflora Mitteleuropas erfährt zurzeit eine fortschreitende, teilweise katastrophale Verarmung. Das betrifft insbesondere auch die Flechten der bewaldeten Gebiete. Der heutige Gefährdungsgrad von Flechten übertrifft in Deutschland denjenigen der Farn- und Blütenpflanzen. Während 31 % der Farn- und Blütenpflanzen als ausgestorben oder gefährdet bezeichnet werden müssen, sind dies bei der Organismengruppe der Flechten bereits 50 % (WIRTH und FUCHS 1980). Diese für Deutschland ermittelten Verhältnisse dürften mindestens tendenziell auch für die Schweiz zutreffen.

Wäldern kommt in bezug auf die Erhaltung der Flechtenflora eine besonders wichtige Funktion zu, da Wälder sehr bedeutungsvolle Lebensräume für die Flechten darstellen. Wälder nehmen gewissermaßen eine Funktion als Artenreservoir ein.

Die Bewirtschaftungsform eines Waldes schlägt sich in bedeutendem Maß auf den Flechtenreichtum nieder. Aus diesem Grunde kommt der Forstwirtschaft große Verantwortung zu für den Natur- und Artenschutz.

Aus der Sicht des Flechten-Artenschutzes in Wäldern ergeben sich folgende Bedürfnisse: Flächenhafte Verringerung der Luftbelastung – Erhaltung naturnaher Wälder – Schaffung weiterer Naturwaldreservate und weiterer Naturschutzzonen im Walde, unter besonderer Berücksichtigung der Flechtenvegetation – Erhaltung von Altholzinseln und von markanten Einzelbäumen (Überhältern) – gebietsweise Beschränkung der intensiven forstwirtschaftlichen Nutzung und Erhöhung der Umtriebszeit; Plenterwirtschaft – Schaffung reichstrukturierter, artenreicher Mischwälder – Berücksichtigung des Artenschutzes von Flechten in Schutzerlassen – Förderung von Dauerbeobachtungsstudien und Erstellung von Artenlisten und Roten Listen der Flechtenvegetation (vgl. WIRTH und FUCHS 1980).

Erfolgschancen der Dauerbeobachtungsstudie

Die Erfolgschancen für die langfristige Dauerbeobachtungsstudie in den Aargauer Wäldern können aufgrund folgender Gegebenheiten und Erfahrungen als gut eingestuft werden:

- Flechten, welche sich zur standardisierten Dauerbeobachtung eignen, sind in genügendem Umfang vorhanden.
- Die Flechtenvegetation der untersuchten Gebiete ist nicht mehr optimal ausgebildet; Veränderungen in Richtung Verbesserung wie auch Verschlechterung der Lebensbedingungen für Flechten sind deshalb beobachtbar.
- Eine Verschiebung in Richtung weniger Flechtenarten und anderer Flechtenartenzusammensetzung läßt sich aus dem Vergleich von zeitlich zurückliegenden Daten zweier Gebiete mit dem heutigen Zustand feststellen.

- Eine gute Zusammenarbeit mit den Förstern der betroffenen Wälder ist gewährleistet; bei zukünftigen forstlichen Eingriffen kann auf die Flechtendauerbeobachtung Rücksicht genommen werden.

Bedeutung langfristiger Umweltbeobachtung

Die Durchführung von langfristigen Umweltbeobachtungsstudien erscheint unter den bereits diskutierten Aspekten der heutigen rasanten Umweltveränderungen einerseits und den oft chronisch einwirkenden Belastungsfaktoren andererseits von großer Bedeutung.

Nur standardisierte Beobachtungsmethoden wie die im vorliegenden Projekt zur Anwendung gelangende, erlauben eine optimale Vergleichbarkeit von Daten in einer Zeitreihe und eine bestmögliche Interpretierbarkeit der Veränderungen.

Verdankungen

In erster Linie sei den Auftraggebern gedankt für die Ermöglichung der vorliegenden Untersuchung: Dr. R. Maurer, Dr. T. Egloff, Sektion Natur und Landschaft des Kantons Aargau.

Auch den folgenden Personen danken wir bestens für ihre Unterstützung und Mithilfe: den Kreis- und Gemeindeförstern W. Baumann (Remigen), F. Killer (Kreis 3), J. Kubat (Kreis 2), N. Lätt (Stadtforstamt Lenzburg), O. Ott (Vordemwald), A. Peyer (Kreis 4), H. Schatzmann (Kreis 5), P. Vock (Wettingen);

F. Brüngger (Lenzburg); B. Erb (Erlinsbach); Dr. J. F. Matter (Institut für Wald- und Holzforschung der ETHZ); C. Rollé (SBN Aarau); Dr. C. Scheidegger (WSL Birmensdorf und Universität Bern); H. Schwarz (SBN Aarau); S. Zimmerli (Naturmuseum Aarau); den Kollegen und Kolleginnen der AGB: Dr. R. Herzig, Dr. K. Peter, E. Wildi.

6. Literatur

AGB (1990): Flechten als Bioindikatoren der Luftverschmutzung im Kanton Aargau. Baudepartement d. Kantons Aargau, Abt. Umweltschutz, 155 S.

BRÜNGGER, F. (1986): Flora von Lenzburg, 3. Teil Flechten. Separatdruck aus Lenzburger Neujahrsblätter 1986: 139–154.

CLAUZADE, G., ROUX, C. (1985): Likenoj de okcidenta Europo Ilustrita determinlibro. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, Nouvelle série, Numéro Spécial 7.

COPPINS, B. J. (1983): A taxonomic study of the lichen genus *Micarea* in Europe. Bulletin of the British Museum (Natural History), Botany series, Vol. 11, No 2.

DIEDERICH, P. (1989): Les lichens épiphytiques et leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg. Travaux scientifiques du Musée National d'Histoire Naturelle de Luxembourg, XIV. Ministère des Affaires Culturelles.

FREY, E. (1958): Die anthropogenen Einflüsse auf die Flechtenflora und -vegetation in verschiedenen Gebieten der Schweiz, ein Beitrag zum Problem der Ausbreitung und Wanderungen der Flechten. Sonderdruck aus den Veröffentlichungen des Geobot. Inst. Rübel in Zürich, Heft 33: 91–107.

FREY, E. (1960): Beitrag zur Flechtenflora des Schweizer Mittellandes mit besonderer Berücksichtigung des Aargaus. Manuskript, Verhandl. der Schweiz. Naturforsch. Gesell., Wissenschaftl. Teil 140: 121–124.

- FREY, E. (1963): Beiträge zu einer Lichenenflora der Schweiz II, III. Die Familie Physciaceae. Separatdruck aus «Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft», Bd. 73: 389–503. Böhler + Co AG Wabern-Bern.
- GRÖNER, U. (1990): Flechten-Bioindikation in Waldgesellschaften; Vorarbeiten zu einer Methodenentwicklung; WSL Birmensdorf, unveröff., 24 S.
- LIEBENDÖRFER, L., HERZIG, R., URECH, M. (1988): Evaluation und Kalibrierung der Schweizer Flechten-Indikationsmethode mit wichtigen Luftschadstoffen. Staub Reinhaltung der Luft, Bd. 48: 233–238.
- MACHER, M. (1984): Flechten und Waldschäden im Nationalpark Bayerischer Wald. Beitr. Biolog. Pfl. 59: 191–204.
- MACHER, M. (1987): Möglichkeiten und Grenzen der Bioindikation mit Flechten zur immisionsökologischen Waldzustandserfassung im Nat.park Bayerischer Wald; Inaug.-Dissertation, Gießen, 236 S.
- MASUCH, G., 1985: Flechtenkartierung entlang eines Niederschlagsgradienten im Eggebirge; Staub Reinhaltung der Luft, Bd. 45, Nr. 12, S. 573–577.
- MOBERG, R. (1977): The lichen genus *Physcia* and allied genera in Fennoscandia. Acta Universitatis Upsalensis Almqvist & Wiksell Internat. Stockholm-New York.
- PETER, K. (1988): Flechtenkartierung als Grundlage für die Charakterisierung der Luftbelastung (Bündner Rheintal); Geogr. Helvetica 2: 99–104.
- POELT, J. (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Cramer, Vaduz, 757 S.
- POELT, J., VEZDA, A. (1977): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Ergänzungsheft I. Cramer, Vaduz, 258 S.
- POELT, J., VEZDA, A. (1981): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Ergänzungsheft II. Cramer, Vaduz, 390 S.
- RUOSS, E., KELLER, CH. (1988): Flechtenuntersuchungen im Kanton Luzern, Teilprojekt. A: Flechteninventar; 1. Zw.bericht, Kant. Amt f. Umweltschutz, unveröff., 26 S.
- TIBELL, L. (1980): The lichen genus *Chaenotheca* in the Northern Hemisphere. Acta Universitatis Upsalensis, Almqvist & Wiksell Intern. Stockholm-New York.
- URECH, M., HERZIG, R., AMMANN, K. (1989): Flechten als biologische Indikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz – Schlußbericht NFP 14: Integriertes biologisches Meßsystem der Luftverschmutzung für das Schweizer Mittelland. Syst.-Geobotanisches Institut d. Universität Bern.
- WIRTH, V., FUCHS, M. (1980): Zur Veränderung der Flechtenflora in Bayern, Forderungen und Möglichkeiten des Artenschutzes. Schriftenreihe Naturschutz und Landschaftspflege. München, H. 12: 29–43.
- WIRTH, V. (1980): Flechtenflora. Unitaschenbücher UTB 1062. Ulmer, Stuttgart, 552 S.
- WIRTH, V. (1980/83): Flechten; Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie C, Heft 12. Staatl. Museum f. Naturkunde, 36 S.
- WIRTH, V. (1987): Die Flechten Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart.
- WILDI, E., CAMENZIND, R. (1990): Die epiphytischen Flechten des Gurnigel-Gantrischgebietes. Lizentiatsarbeit am Syst.-Geobot. Inst. Bern, 242 S.
- WITTMANN, H., TÜRK, R., SCHERNTHANER-BLIEBERGER, E., KUPFER-WESELY, E. (1989): Immisionsökologische Studie über die epiphytische Flechtenvegetation in den geschädigten Wäldern Vorarlbergs (Österreich). Lebensraum Vorarlberg, Grundlagenarbeiten zu Natur und Umwelt, Band 3, Waldforschung in Vorarlberg: 47–96.

AGB, Arbeitsgemeinschaft für Bioindikation, Umweltbeobachtung
und ökologische Planung
Mühlemattstr. 31
3007 Bern

Anhang

Der Anhang enthält für jedes Untersuchungsgebiet eine Gesamtartenliste der in den Dauerflächen und ihrer Umgebung gefundenen Flechten.

Die Auflistung begrenzt sich auf baum-, totholz- und bodenbewohnende Arten, sowie auf waldbewohnende Arten. Die Artenliste ist mit einem begrenzten Zeitaufwand (ca. eintägiger Suchaufwand) und in einem begrenzten Areal (ca. ein viertel bis ein halber Quadratkilometer) erstellt worden und erhebt deshalb keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Da die Gesamtartenliste aber in allen Gebieten von denselben Personen unter denselben Voraussetzungen erstellt wurde, ist eine gute Basis für einen Vergleich zwischen den Gebieten gegeben. Die Gesamtartenliste liefert einen Eindruck über die Artenvielfalt der Flechten im Gebiet.

Von jeder Flechtenart liegt ein herbarisiertes Belegexemplar vor (AGB, Bern). Die im Feld nicht sicher ansprechbaren Flechten wurden im Labor bestimmt. Dazu standen ein Binokular Wild M8 und ein Mikroskop Nikon Labophot zur Verfügung. Mikroskopische Untersuchungen wurden an Handschnitten in Wasser durchgeführt. An chemischen Substanzen wurden C, K, Pd und J (WIRTH, 1980, p. 14) eingesetzt. Die Bestimmung der Flechten erfolgte durch Frau CH. KELLER.

Für die Bestimmung wurde folgende Literatur eingesetzt: Flechtenflora von V. WIRTH (WIRTH 1980), POELT Bestimmungsschlüssel und Ergänzungsbände (POELT 1969, bzw. POELT und VEZDA, 1977 und 1981), Flechtenbestimmungsschlüssel von CLAUZADE (CLAUZADE und ROUX, 1985), die Arbeiten über Physciien der Schweiz (FREY 1969) und aus Fennoscandien (MOBERG 1977) sowie die Arbeit über coniocarpe Flechten (TIBELL 1980) und die Monographie der Micarea-Arten (COPPINS 1983).

Die verwendete Nomenklatur richtet sich nach WIRTH 1987. Für Arten, die in diesem Werk nicht aufgeführt sind, werden die Namen aus WIRTH 1980, oder, wenn nötig, aus dem Bestimmungsschlüssel von POELT (POELT 1969, resp. POELT und VEZDA 1977 und 1981) gebraucht.

DIEDERICH (1989) greift in seiner Flora von Luxemburg *Lepraria lobificans* als eigenständige Sippe der Sammelart *Lepraria incana* wieder auf. Da die Flechtendatenerhebung bei Erscheinen dieses Buches bereits im Gange war, wurde im vorliegenden Projekt bei der Aufnahme der Flechtenvegetation in den Dauerbeobachtungsflächen auf die Abtrennung von *Lepraria lobificans* verzichtet. In den Gesamtartenlisten der Gebiete wird die Art jedoch aufgeführt.

Aus Zeit- und Kostengründen konnten keine dünnenschicht-chromatographischen Untersuchungen durchgeführt werden. Aus diesem Grund war die sichere Art-Bestimmung von Cladonien und sterilen Krustenflechten nicht in jedem Fall möglich. Im folgenden sei deshalb aufgeführt, aufgrund welcher Kriterien diese Arten bestimmt wurden.

Sterile Krusten

Biatora efflorescens: mit rundlichen Soralen; C–, K–, Pd+ orange

Haematomma ochroleucum: flächig sorediöse Kruste; C–, K+ gelblich, Pd+ gelb

Lecanora chloropolia: mit rundlichen Soralen, Lager grün-grau; C–, K+ gelb, Pd+ gelb bis rot

Lecanora expallens: mit rundlichen Soralen; C+ orange, K+ gelb, Pd– oder gelblich

Lecanora impudens: mit rundlichen Soralen, Lager weiß; C–, K+ gelb, Pd+ gelblich

Loxospora elatina: flächig sorediös; C–, K+ gelb, Pd+ orange

Cladonien

Cladonia coniocraea: Podetien pfriemlich, vollständig mit Soredien bedeckt.

Cladonia ochrochlora: wie *C. coniocraea*, aber untere Podetienhälfte berindet, nur die obere sorediös.

Cladonia fimbriata: Podetien mit schmalen, deutlichen Bechern; Podetien vollständig fein sorediös.

Cladonia chlorophaea: wie *Cladonia fimbriata*, aber Podetien mindestens bis zur Hälfte berindet.

Cladonia pyxidata: (sehr) breite Becher, Podetien und Innenseite der Becher grobkörnig; Podetien nur bis 3 cm hoch.

Cladonia parasitica: Podetien sehr klein oder fehlend; sehr feine, dichte Polster bildend.

Unbestimmbare Flechtenarten

Sp. (Species) I: gelbliche sorediöse Kruste (Lager: K + gelb; Sorale: K + gelb, P + gelb, C -)

Sp. II: hellgrüne, feinmehlig-sorediöse Kruste (K -, C -, P -)

Sp. III: braun-graue Kruste, lichenisierter Hyphomycet

Sp. IV: olivgrüne Kruste, flächig mit Isidien bedeckt

Sp. V: gelblich-weiße, sorediöse Kruste (morphologisch ähnlich *Phlyctis argena*, K + gelb, C -, P + fahl blau-grün)

Sp. VI: grüne, mehlig-sorediöse Kruste (K -, C -, P -, KC + rosa)

Sp. VII: Kruste aus feinen grauen Wäzchen

Sp. VIII: gelb-grüne Kruste (mit parasitischen *Trentepohlia*-Algen; Lager: K + gelb, P -; Sorale C + orange)

Sp. IX: grau-weißer, warziger Überzug auf Moos

Sp. X: grau-gelbe, schuppige Kruste (K -, C -, P -)

Sp. XI: dünnes, krustiges Lager mit gelb-grauen, runden Soralen (Sorale: K + gelb, dann braun, C + gelb, P - bis schwach gelblich)

Sp. XII: Kruste mit kleinen, punktförmigen, hell-gelbgrünen Soralen (P + orange, C + gelb-orange, K + gelb)

Sp. XIII: dünne, sorediöse Kruste, eierschalenfarbig

Sp. XIV: Kruste mit kleinen gelb-grünen, punktförmigen Soralen

A	B	C	D
Wirth 1972	Wirth	% Wirth	arc-sin
r	selten	0.1	0.1
+	< 1 %	0.5	0.3
1	1 - 5 %	3	0.7
2a	5 - 12.5 %	8.75	1.2
2b	12.5 - 25 %	18.75	1.9
3	25 - 50 %	37.5	3
4	50 - 75 %	62.5	4

Tabelle 1: Skala des Deckungsgrades der Flechtenvegetation nach WIRTH 1972. A Bezeichnungen der Skalenstufen; B Deckungsgrad-Bereich pro Skalenstufe; C Mittlerer Deckungsgrad in % pro Skalenstufe; D Arcus-sinus-Transformation, multipliziert mit einem Faktor und leicht modifiziert, Grundlage zur Berechnung des Diversitätsindex.

Tabelle 2: Zusammenstellung von Charakteristika und Resultaten der untersuchten Dauerbeobachtungs-Standorte. Mit «Aufnahmefläche» ist die standardisierte Beobachtungsfläche am Baum bzw. am Boden gemeint. Der IAP18-Wert wird in Kap. 3 erklärt.

	1 Lenzburg Süd: Berg	2 Rothrist Süd: Langholz	3 Erlinsbach N: Zwilflue	4 Wettingen E: Lägeren	5 Remigen W: Geissberg	6 Umiken Süd: Schachen
Lage	Mittelland	Mittelland	Jura	Juraausläufer	Jura	Mittelland, Flussufer
Höhe in m über Meer	430 - 560	450 - 460	600 - 660	800 - 860	560 - 590	340
Waldtyp	Laubmisch- wald	Laubmisch- wald / Weisstannen- bestand	Linden- Blockschutt- wald	Laubwald	lockerer Föh- renbestand/ Laubmisch- wald	Auenwald: Hart- und Weichholz-Aue
Forstliche Nutzung	naturnahe Nutzung	teilweise natur- nahe, teilweise inten- sive Nutzung	Naturwaldre- servat ETHZ, ohne forstliche Nutzung	vorgesehenes Waldreservat, bisher fast ohne Nutzung	extensive Nutzung	Naturwald re- servat ETHZ, ohne forstliche Nutzung
Anzahl Dauerflächen auf Boden	3	-	5	4	7	-
Anzahl Dauerflächen auf Bäumen	12	14	10	10	8	13
Anzahl Dauerflächen auf Laubbäumen; untersuchte Baumarten	9 (Hainbuchen, Eschen, Stie- leichen)	9 Eschen, Kan- nad. Pappeln, Stieleiche)	6 (Traubenei- chen, Berg- ahorne)	10 (Bergahorne, Eschen, Hain- buche)	5 (Spitz- / Berg- ahorne, Trau- beneichen)	13 (Eschen, Silberweiden)
Anzahl Dauerflächen auf Nadelbäumen; untersuchte Baumarten	3 (Lärchen)	5 (Weisstannen)	4 (Föhren)	keine	3 (Föhren)	keine
Totale Artenzahl im Waldge- biet (1/4 - 1/2 km2, Bäume und Boden)	78	59	64	61	64	50
Anzahl baumbewohnende Flechtenarten im Waldgebiet (1/4 - 1/2 km2)	68	59	53	53	52	50
Flechtenartenzahl in den Auf- nahmeflächen auf Bäumen und Boden	34	26	49	39	49	36
Flechtenartenzahl in den Auf- nahmeflächen auf Boden	3	-	12	7	12	-
Flechtenartenzahl in den Auf- nahmeflächen auf Bäumen	34	26	44	33	45	36
<i>Durchschnittliche</i> Flechten- artenzahl auf der Baum- Stammfläche	6.8	5	7.4	10.4	11	13.5
<i>Durchschnittliche</i> Flechten- artenzahl auf der Baum- Stammbasis	3.8	3.7	6.4	6.5	7.9	4.3
Tiefste Artenzahl auf der Stammfläche (Einzelbaum)	3	3	3	7	4	6
Höchste Artenzahl auf der Stammfläche (Einzelbaum)	14	8	10	13	16	18
<i>Durchschnittlicher</i> Diversi- tätsindex auf der Stammfläche: alle Bäume	21.3	16.6	16.3	34.4	35.1	31.2
<i>Durchschnittlicher</i> Diversi- tätsindex auf der Stammfläche: Laubbäume	21.1	14.2	22.1	34.4	46.9	31.2
<i>Durchschnittlicher</i> Diversi- tätsindex auf der Stammfläche: Nadelbäume	22	21.1	7.5	-	15.3	-
Höchster Diversitätsindex im Gebiet / Baumart	56 Hainbuche	35 Weisstanne	36 Bergahorn	55 Esche	64 Traubeneiche	51 Silberweide
IAP18-Wert aus der wald- freien Umgebung des Dauer- beobachtungs-Standorts	55	49	52	54	35 / 43	42
Gesamt-Luftbelastung gemäss Einstufung durch den IAP18-Wert	gering	gering	gering	gering	mittel	mittel

Lenzburg Süd: Berg, Gesamt-Artenliste					
Sammelperioden 1950 -1989, BRÜNGGER 1986/AGB	50-59	60-69	70-79	80-89	AGB89
Arthonia radiata (Pers.) Ach.					+
Arthonia spadicea Leighton					+
Arthonia zwackhii Sandst.					+
Bacidia globulosa (Flörke) Hafellner & V.Wirth					+
Bactrospora dryina (Ach.) Massal.			*		+
Baeomyces rufus (Hudson) Rebent.	*		*	*	
Bryoria fuscescens (Gylenik) Brodo & Hawksw.			*		
Bryoria subcana (Nyl. ex Stizenb.) Brodo & Hawksw.		*			
Buellia disciformis (Fr.) Mudd.		*	*		+
Buellia punctata (Hoffm.) Massal.			*	*	
Calicium abietinum Pers.		*			
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau			*		+
Cetrelia cetrarioides (Del. ex Duby) W.Culb & C.Culb.			*	*	+
Cetrelia olivetorum (Nyl.) W.Culb. & C.Culb.			*		+
Chaenotheca ferruginea (Turner ex Sm.) Migula		*	*	*	+
Chaenotheca furfuracea (L.) Tibell			*	*	+
Chaenotheca trichialis (Ach.) Th.Fr.					+
Cladonia caespitata (Pers.) Flörke			*	*	
Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Sprengel			*	*	
Cladonia coniocraea (Flörke) Sprengel	*	*	*	*	+
Cladonia digitata (L.) Hoffm.	*	*	*	*	+
Cladonia fimbriata (L.) Fr.	*	*	*	*	+
Cladonia furcata s.l. (Hudson) Schrader	*	*	*	*	
Cladonia macilenta Hoffm.		*			
Cladonia ochrochlora Flörke					+
Cladonia parasitica (Hoffm.) Hoffm.		*			
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.		*			
Cladonia ramulosa (With.) Laundon			*		
Cladonia squamosa (Scop.) Hoffm.					+
Cladonia subsquamosa (Scop.) Hoffm.			*	*	
Cladonia sp.					+
Collema tenax (Sw.) Ach. em. Degel.			*	*	+
Evernia prunastri (L.) Ach.			*		+
cf. Fuscidea viridis Tønsberg					+
Graphis scripta (L.) Ach.				*	+
Haematomma ochroleucum (Necker) Laundon					+
Hypocenomyce scalaris (Ach.) Choisy			*	*	+
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.					+

Lenzburg Süd: Berg, Gesamt-Artenliste, Fortsetzung					
Sammelperioden 1950 -1989, BRÜNGGER 1986/AGB	50-59	60-69	70-79	80-89	AGB89
Hypogymnia tubulosa (Schaerer) Havaas			*		
Lecanora argentata (Ach.) Malme			*	*	+
Lecanora carpinea (L.) Vainio			*		+
Lecanora chlarotera Nyl.					+
Lecanora chloropolia (Erichsen) Almb.					+
Lecanora cf. circumborealis Brodo & Vitik.				*	
Lecanora conizaeoides Nyl. ex Crombie					+
Lecanora expallens Ach.					+
Lecanora intumescens (Rebent.) Rabenh.		*			
Lecanora pallida (Schreber) Rabenh.			*	*	+
Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.					+
Lecanora subrugosa Nyl.					+
Lecanora symmicta (Ach.) Ach.				*	
cf. Lecanora sp.			*		+
Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy			*	*	+
Lepraria incana (L.) Ach.					+
Leptogium lichenoides (L.) Zahlbr.			*		+
Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm.		*	*		
Melaspilea gibberulosa (Ach.) Zwachkh.					+
Menegazzia terebrata (Hoffm.) Massal.		*			
Micarea cf. glomerella (Nyl.) Hedl.					+
Mycobilimbia sabuletorum (Schreber) Hafellner					+
Opegrapha atra Pers.					+
Opegrapha lichenoides Pers. var. nigrocaesia Chev.					+
Opegrapha niveoatra (Borrer) Laundon			*		
Opegrapha cf. rufescens Pers.					+
Opegrapha vermicellifera (Kunze) Laundon					+
Opegrapha viridis (Pers. ex Ach.) Nyl.			*	*	+
Opegrapha sp.					+
Parmelia caperata (L.) Ach.			*		+
Parmelia glabratula (Lamy) Nyl.			*	*	+
Parmelia perlata (Hudson) Ach.		*			+
Parmelia revoluta Flörke		*			+
Parmelia saxatilis (L.) Ach.			*		+
Parmelia stippea Taylor		*	*	*	
Parmelia subrudecta Nyl.			*		+
Parmelia sulcata Taylor			*		+
Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.			*		

Lenzburg Süd: Berg, Gesamt-Artenliste, Fortsetzung					
Sammelperioden 1950 -1989, BRÜNGGER 1986/AGB	50-59	60-69	70-79	80-89	AGB89
Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.		*	*		+
Parmeliopsis hyperopta (Ach.) Arnold					+
Peltigera apthosa (L.) Willd.			*	*	
Peltigera canina (L.) Willd.	*		*	*	
Peltigera horizontalis (Hudson) Baumg.	*	*	*	*	
Peltigera leucophlebia (Nyl.) Gylenik	*	*		*	
Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf	*	*	*	*	+
Peltigera rufescens (Weiss) Humb.				*	+
Peltigera spuria (Ach.) DC.		*		*	
Pertusaria albescens (Hudson) Choisy & Werner			*		+
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.			*	*	+
Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl.					+
Pertusaria coronata (Ach.) Th.Fr.			*	*	+
Pertusaria leioplaca DC.		*	*	*	+
Pertusaria leprarioides Erichsen					+
Phaeophyscia orbicularis (Necker) Moberg			*		+
Phlyctis agelaea (Ach.) Flotow				*	+
Phlyctis argena (Sprengel) Flotow			*	*	+
Platismatia glauca (L.) W.Culb & C.Culb.	*	*	*		+
Porina aenea (Wallr.) Zahlbr.					+
Porina cf. leptalea (Dur. & Mont.) A.L. Sm.					+
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf			*		+
Pyrenula nitida (Weigel.) Ach.		*	*		+
Pyrenula nitidella (Flörke ex Schauer) Müll.Arg.					+
Ramalina farinacea (L.) Ach.			*	*	+
Ramalina pollinaria (Westr.) Ach.		*	*	*	
Usnea ceratina Ach.		*	*		
Usnea compacta (Räsänen) Mot.			*		
Usnea faginea Mot.		*			
Usnea filipendula Stirton		*			
Usnea fulvovirens (Räsänen) Räsänen			*		
Usnea glabrata (Ach.) Vainio		*			
Usnea subfloridana Stirton		*	*	*	
Usnea sp.					+
Spec. I					+
Spec. II					+
Pykniden					+

Rothrist Süd: Langholz, Gesamt-Artenliste

Arthonia cinnabarina (DC.) Wallr.
Arthonia vinosa Leighton
Bacidia assulata (Koerber) Vezda
Buellia griseovirens (Turner & Borrer ex Sm.) Almb.
Buellia schaeferi De Not.
Calicium abietinum Pers.
Cetrelia cetrarioides (Del. ex Duby) W.Culb. & C. Culb.
Cetrelia olivetorum (Nyl.) W.Culb. & C.Culb.
Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.
Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng.
Cladonia digitata (L.) Hoffm.
Cladonia fimbriata (L.) Fr.
Cladonia floerkeana (Fr.) Flörke
Cladonia squamosa (Scop.) Hoffm. var. subsquamosa (Nyl.) Th. Fr.
Cladonia sp.
Evernia prunastri (L.) Ach.
Fellhanera vezdae (Coppins & P.James) V.Wirth
Graphis scripta (L.) Ach.
Haematomma ochroleucum (Necker) Laundon
Hypocenomyce scalaris (Ach.) Choisy
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
Lecanora argentata (Ach.) Malme
Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.
Lecanora sp.
Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy
Lepraria incana (L.) Ach.
Lepraria lobificans Nyl.
Leptogium lichenoides (L.) Zahlbr.
Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm.
Loxospora elatina (Ach.) Massal.
Menegazzia terebrata (Hoffm.) Massal.
Micarea cinerea (Schaerer) Hedl.
Micarea prasina Fr.
Opegrapha rufescens Pers.
Opegrapha vermicellifera (Kuntze) Laundon
Opegrapha viridis (Pers. ex Ach.) Nyl.
Opegrapha sp.
Parmelia caperata (L.) Ach.
Parmelia glabratula (Lamy) Nyl. var. glabratula
Parmelia revoluta Flörke

Rothrist Süd: Langholz, Gesamt-Artenliste, Fortsetzung

Parmelia saxatilis (L.) Ach.

Parmelia subrudecta Nyl.

Parmelia sulcata Taylor

Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.

Peltigera horizontalis (Hudson) Baumg.

Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf

Pertusaria amara (Ach.) Nyl.

Pertusaria leprarioides Erichsen

Pertusaria leioplaca DC.

Phlyctis argena (Sprengel) Flotow

Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf

Ramalina farinacea (L.) Ach.

Ramalina pollinaria (Westr.) Ach.

cf. *Trapelia pseudogranulosa* (Coppins & P. James)

Usnea cf. *subfloridana* Stirton

Usnea sp.

Spec. III

Spec. IV

Spec. V

Pykniden (mehrere Arten)

Erlinsbach Nord: Zwißflue, Gesamt-Artenliste

Acrocordia gemmata (Ach.) Massal.
Bacidia circumspecta (Nyl. ex Vainio) Malme
Bacidia rubella (Hoffm.) Massal.
Buellia griseovirens (Turner & Borrer ex Sm.) Almb.
Buellia poeltii Schauer
Calicium glaucellum Ach.
Calicium salicinum Pers.
Caloplaca chrysophthalma Degel.
Caloplaca herbidella (Hue) H. Magn.
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau
Catillaria sp.
Chaenotheca stemonea (Ach.) Müll.Arg.
Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.
Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng.
Cladonia digitata (L.) Hoffm.
Cladonia cf. fimbriata (L.) Fr.
Cladonia furcata s.l. (Hudson) Schrader
Cladonia ochrochlora Flörke
Cladonia cf. parasitica (Hoffm.) Hoffm.
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.
Cladonia squamosa (Scop.) Hoffm.
Cladonia sp.
Collema sp.
Cyphelium karelicum (Vainio) Räsänen
cf. Fuscidea viridis Tønsberg
Haematomma ochroleucum (Necker) Laundon
Hypocenomyce cf. caradocensis (Leighton ex Nyl.) P.James & G. Schneider
Hypocenomyce scalaris (Ach.) Choisy
Imshaugia aleurites Fricke Meyer
Lecanora argentata (Ach.) Malme
Lecanora chlarotera Nyl.
Lecanora conizaeoides Nyl. ex Crombie
Lecanora expallens Ach.
Lecanora impudens Degel.
Lecanora subrugosa Nyl.
Lecanora sp.
Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy
Lepraria incana (L.) Ach.
Leptogium lichenoides (L.) Zahlbr.

Microglaena muscorum (Fr.) Th.Fr. var. *muscorum*
Normandina pulchella (Borrer) Nyl.
Ochrolechia arborea (Kreyer) Almb.
Opegrapha rufescens Pers.
Parmelia caperata (L.) Ach.
Parmelia glabratula (Lamy) Nyl.
Parmelia saxatilis (L.) Ach.
Parmelia subaurifera Nyl.
Parmelia sulcata Taylor
Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.
Parmeliopsis hyperopta (Ach.) Arn.
Peltigera horizontalis (Huds.) Baumg.
Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf
Peltigera rufescens (Weiss) Humb.
Pertusaria albescens (Hudson) Choisy & Werner
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.
Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl.
Pertusaria leprarioides Erichsen
Phaeophyscia endophoenicea (Harm.) Moberg
Phlyctis argena (Sprengel) Flotow
Ramalina farinacea (L.) Ach.
Ramalina pollinaria (Westr.) Ach.
Spec. VI
Spec. VII

Wettingen Ost: Lägerengrat-Burghorn, Gesamt-Artenliste

Arthonia radiata (Pers.) Ach.
Arthonia sp.
cf. Biatora efflorescens (Hedl.) Erichsen
Buellia disciformis (F.) Mudd
Buellia griseovirens (Turner & Borrer ex Sm.) Almb.
Buellia punctata (Hoffm.) Massal.
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau
Cetrelia cetrarioides (Del. ex Duby) W. Culb. & C. Culb.
Cladonia coniocraea (Flörke) Sprengel
Cladonia fimbriata (L.) Fr.
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.
Cladonia sp.
Collema auriforme (With.) Coppins & Laundon
Diploschistes scruposus (Schreber) Norm.
Graphis scripta (L.) Ach.
Haematomma ochroleucum (Necker) Laundon
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
Hypogymnia tubulosa (Schaerer) Havaas
Lecanora argentata (Ach.) Malme
Lecanora carpinea (L.) Vainio
Lecanora expallens Ach.
Lecanora saligna (Schrader) Zahlbr.
Lecanora subrugosa Nyl.
Lecidella elaeochroma (Ach.) Haszl.
Lepraria incana (L.) Ach.
Leptogium lichenoides (L.) Tahlbr.
Leptogium sinuatum (Hudson) Massal.
Micarea prasina Fr.
Micarea sp.
Mycobilimbia sabuletorum (Schreber) Hafellner
Normandina pulchella (Borrer) Nyl.
Opegrapha lichenoides Pers.
Opegrapha rufescens Pers.
Opegrapha sp.
Parmelia glabratula (Lamy) Nyl.
Parmelia pastillifera (Harm.) Schubert & Klement
Parmelia saxatilis (L.) Ach.
Parmelia subrudecta Nyl.
Parmelia sulcata Taylor
Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.

Wettingen Ost: Lägerengrat-Burghorn, Gesamt-Artenliste, Fortsetzung

Peltigera ponojensis Gyelnik
Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf
Peltigera rufescens (Weiss.) Humb.
Pertusaria albescens (Hudson) Choisy & Werner
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.
Pertusaria leioplaca DC.
Phaeophyscia endophoenicea (Harm.) Moberg
Phaeophyscia orbicularis (Necker) Moberg
Phlyctis argena (Sprengel) Flotow
Physcia tenella (Scop.) DC.
Physconia distorta (With.) Laundon
Porina aenea (Wallr.) Zahlbr.
Porina sp.
Pyrenula nitida (Weigl.) Ach.
Ramalina cf. *farinacea* (L.) Ach.
Solorina saccata (L.) Ach.
Spec. VIII
Spec. IX
Spec. X
Spec. XI
cf. Spec. II

Remigen West: Geissberg-Chameren, Gesamt-Artenliste

Acrocordia gemmata (Fr.) Koerber
cf. Arthopyrenia s.l.
Bacidia globulosa (Flörke) Hafellner
Bacidia rubella (Hoffm.) Massal.
Biatora efflorescens (Hedl.) Erichsen
Calicium abietinum Pers.
Caloplaca herbidella (Hue) H. Magn.
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau
Cetrelia cetrarioides (Del. ex Duby) W. Culb. & C. Culb.
Chaenotheca ferruginea (Turner ex Sm.) Migula
Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Sprengel
Cladonia coniocraea (Flk.) Sprengel
Cladonia digitata (L.) Hoffm.
Cladonia fimbriata (L.) Fr.
Cladonia furcata (Hudson) Schrader
Cladonia squamosa (Scop.) Hoffm.
Cladonia cf. subulata (L.) Weber
Cladonia aff. coniocraea (sehr fein)
Cladonia sp.
Dimerella pineti (Ach.) Vezda
cf. Fuscidea viridis Tønsberg
Graphis scripta (L.) Ach.
Haematomma ochroleucum (Necker) Laundon
Hypocenomyce cf. caradocensis (Leighton ex Nyl.) P. James & G. Schneider
Hypocenomyce scalaris (Ach.) Choisy
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
Imshaugia aleurites Fricke Meyer
Lecanora argentata (Ach.) Malme
Lecanora carpineae (L.) Vainio
Lecanora chlorophaea Nyl.
Lecanora chloropolia (Erichsen) Almb.
Lecanora conizaeoides Nyl. ex Crombie
Lecanora expallens Ach.
Lecanora cf. impudens Degel.
Lecanora pallida (Schreber) Rabenh.
Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy
Lepraria incana (L.) Ach.
Lepraria lobificans Nyl.
Normandina pulchella (Borrer) Nyl.
Opegrapha cf. rufescens Pers.

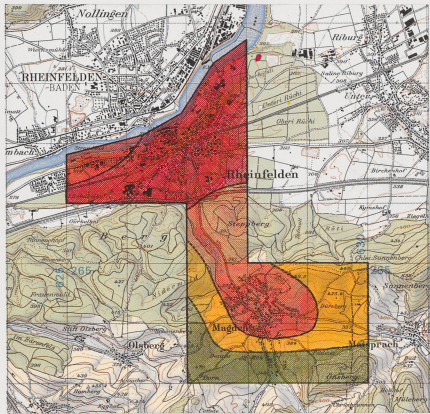
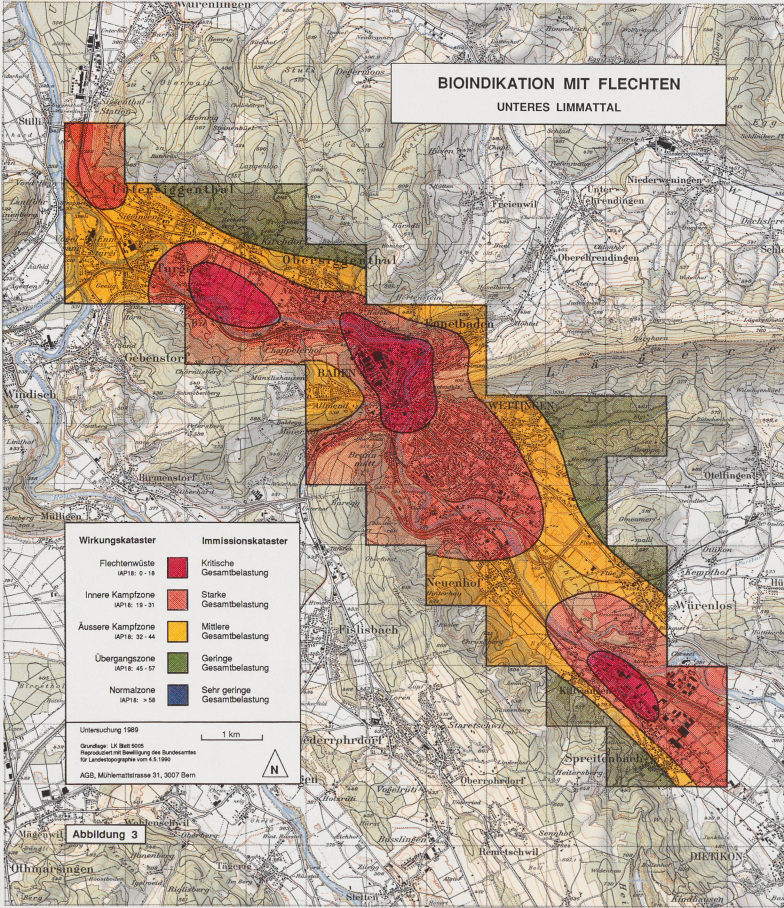
Remigen West: Geissberg-Chameren, Gesamt-Artenliste, Fortsetzung

Parmelia glabratula (Lamy) Nyl.
Parmelia caperata (L.) Ach.
Parmelia cf. *revoluta* Flörke
Parmelia saxatilis (L.) Ach.
Parmelia subrudecta Nyl.
Parmelia sulcata Taylor
Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.
Parmeliopsis hyperopta (Ach.) Arnold
Peltigera horizontalis (Hudson) Baumg.
Peltigera ponojensis Gyelnik
Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf
Peltigera rufescens (Weiss.) Humb.
Pertusaria albescens (Hudson) Choisy & Werner
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.
Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl.
Phaeophyscia endophoenicea (Harm.) Moberg
Phlyctis argena (Sprengel) Flotow
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf
Ramalina farinacea (L.) Ach.
Ramalina sp.
Tephromela atra (Hudson) Hafellner var. *corticola*
Trapelia granulosa (Hoffm.) V. Wirth
Spec. XII
Spec. XIII
Pykniden

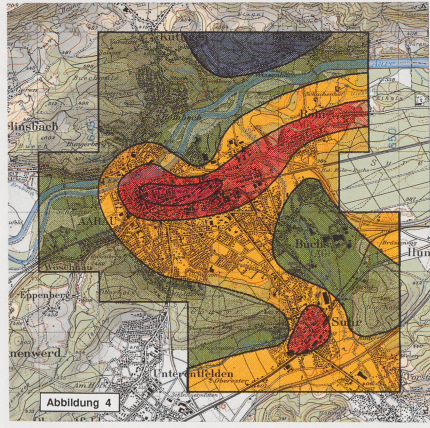
Umiken Süd: Umiker Schachen, Gesamt-Artenliste

Anaptychia ciliaris (L.) Koerber
Arthopyrenia cinereo-pruinosa (Schaerer) Massal.
Bacidia assulata (Koerber) Vezda
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau
Catillaria nigroclavata (Nyl.) Schuler
Cladonia fimbriata (L.) Fr.
Cladonia sp.
Dimerella pineti (Ach.) Vezda
Evernia prunastri (L.) Ach.
cf. *Fuscidea viridis* Tønsberg
Graphis scripta (L.) Ach.

Haematomma ochroleucum (Necker) Laundon
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
Hypogymnia tubulosa (Schaerer) Havaas
Lecanora argentata (Ach.) Malme
Lecanora carpinea (L.) Vainio
Lecanora cf. chlorotera Nyl.
Lecanora cf. expallens Ach.
Lecanora impudens Degel.
Lecidella elaeochroma (Ach.) Choisy
Lepraria incana (L.) Ach.
Lepraria lobificans Nyl.
Micarea cinerea (Schaerer) Hedl.
Micarea prasina Fr.
Normandina pulchella (Borrer) Nyl.
Opegrapha atra Pers.
Opegrapha rufescens Pers.
Opegrapha vermicellifera (Kunze) Laundon
Opegrapha cf. viridis (Pers. ex Ach.) Nyl.
Parmelia caperata (L.) Ach.
Parmelia exasperatula Nyl.
Parmelia glabratula (Lamy) Nyl.
Parmelia pastillifera (Harm.) Schubert & Klein
Parmelia revoluta Flörke
Parmelia subaurifera Nyl.
Parmelia subrudecta Nyl.
Parmelia sulcata Taylor
Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.
Pertusaria albescens (Hudson) Choisy & Werner
Phaeophyscia endophoenicea (Harm.) Moberg
Phlyctis argena (Sprengel) Flotow
Physcia adscendens (Fr.) Oliv.
Physcia tenella (Scop.) DC.
Physconia distorta (With.) Laundon
Porina aenea (Wallr.) Zahlbr.
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf
Ramalina farinacea (L.) Ach.
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.
Spec. II
Spec. XIV



BIOINDIKATION MIT FLECHTEN REGIONEN RHEINFELDEN UND AARAU



Wirkungskataster		Immissionskataster	
Flechtenwüste WPI: 0 - 14	■	Kritische Gesamtbelastung	■
Innere Kampzone WPI: 15 - 31	■	Starke Gesamtbelastung	■
Äussere Kampzone WPI: 32 - 44	■	Mittlere Gesamtbelastung	■
Übergangszone WPI: 45 - 57	■	Geringe Gesamtbelastung	■
Normalzone WPI: > 58	■	Sehr geringe Gesamtbelastung	■

Untersuchung 1989
 Grundlage: LK Blatt 514
 Reproduziert mit Genehmigung des Bundesamtes
 für Landestopografie vom 4.5.1990
 AGB, Mühlemattstrasse 31, 3007 Bern

1 km

Abbildung 4

Mitt. Aarg. Naturf. Ges. Bd. XXXIII, S. 113-152, 1991